

PAT-NO: JP411270800A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11270800 A
TITLE: PIP DIAGNOSTIC METHOD, PIPELINE
DIAGNOSTIC SYSTEM, AND
PIPELINE-MOUNTED EQUIPMENT
PUBN-DATE: October 5, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
EBATO, AKIHIKO	N/A
HAYASHI, TAKURO	N/A
SATO, YOSHIYUKI	N/A
TAMAKI, SHOJIRO	N/A
OKU, MITSUO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOSHIBA CORP	N/A

APPL-NO: JP10070889

APPL-DATE: March 19, 1998

INT-CL (IPC): F17D005/06, G01B017/00 , G01N029/20

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a pipeline diagnostic method, a pipeline diagnostic system, and pipeline-mounted equipment that all locate a breakage in a pipeline with less instrumentation and in a short period even if the target pipeline is empty.

SOLUTION: The pipeline diagnostic system comprises a sound generating means,

or a speaker 12 and a speaker drive 15, for generating sound waves artificially within a pipeline 1 to be diagnosed at its diagnosis section 5 with both ends partitioned off by sound reflectors 4a and 4b; a pair of microphones 13 and 14 spaced from each other within the diagnosis section 5; and a pipeline breakage computing means, or A/D converters 16a and 16b, a space transfer function measuring device 17 and a pipeline breakage computer 18, for measuring the properties of the sound waves inside the pipeline 1 from the in-pipe sound pressure the microphones 13 and 14 detect and computing at least the location of a pipeline breakage from the measured properties.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-270800

(43)公開日 平成11年(1999)10月5日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

F 1 7 D 5/06

F 1 7 D 5/06

G 0 1 B 17/00

G 0 1 B 17/00

B

G 0 1 N 29/20

G 0 1 N 29/20

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平10-70889

(22)出願日 平成10年(1998)3月19日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 江波戸 明彦

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 林 卓郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 佐藤 義之

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝

府中工場内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

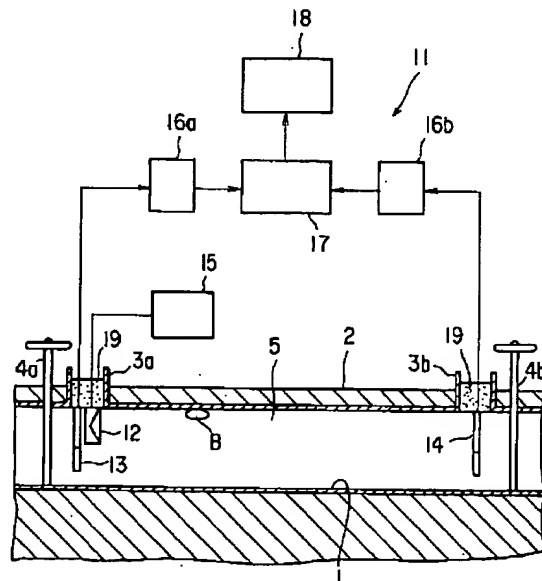
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 配管診断方法、配管診断装置及び配管付き設備

(57)【要約】

【課題】対象とする配管が空管の場合であっても、配管に存在する破損箇所の位置を少ない計測点数で短時間に見つけ出すことができる配管診断方法、配管診断装置及び配管付き設備を提供する。

【解決手段】診断対象となる配管1で、両端が音響的な反射体4a、4bで仕切られた診断区間5内で人工的に音波を発生させる音波発生手段12、15と、診断区間5内に離間配置される一対のマイクロホン13、14と、これらマイクロホン13、14で検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損箇所の位置を算出する配管破損箇所算出手段16a、16b、17、18とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】診断対象となる配管に診断区間を定め、この診断区間の両端を音響的な反射体で仕切り、上記診断区間内で人工的に音波を発生させ、この音波を上記診断区間内に離間配置された一対のマイクロホンで検出し、これらマイクロホンで検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出するようにしたことを特徴とする配管診断方法。

【請求項2】前記診断区間の一端側近傍で前記音波を人工的に発生させ、上記診断区間の両端近傍に前記マイクロホンをそれぞれ配置していることを特徴とする請求項1に記載の配管診断方法。

【請求項3】前記管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出するに際して、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間伝達関数を計測し、この管内空間伝達関数の実数部と虚数部とを用いて少なくとも前記配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項1に記載の配管診断方法。

【請求項4】前記管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出するに際して、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間インパルス応答関数または相互相関関数を計測し、この計測データを基に前記配管破損個所で生じる反射波に起因した成分から少なくとも前記配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項1に記載の配管診断方法。

【請求項5】前記管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出するに際して、前記配管の前記診断区間内に上記配管の口径で決まる管径方向の一次共鳴モードを励起させる単一周波数の音波を人工的に発生させるようにしたことを特徴とする請求項4に記載の配管診断方法。

【請求項6】前記管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出するに際して、前記配管の共鳴周波数を同定し、この共鳴周波数の音波を人工的に発生させるようにしたことを特徴とする請求項4に記載の配管診断方法。

【請求項7】前記管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出するに際して、前記配管が地下に埋設されているときには、破損個所の周辺に生じている地下空洞によって生じた共鳴周波数から地下空洞箇所を推定し、少なくとも配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項1に記載の配管診断方法。

【請求項8】前記診断対象となる配管内部が実質的に空の水道管の場合には、前記反射体として上記水道管に付設されている仕切弁を用い、人工的な前記音波の発生に供される要素及び前記マイクロホンを上記水道管に付設

されている消火栓を通して前記診断区間内に配置していることを特徴とする請求項1に記載の配管診断方法。

【請求項9】前記消火栓内に、この消火栓内での音の反射を抑制する反射抑制要素を装着していることを特徴とする請求項8に記載の配管診断方法。

【請求項10】診断対象となる配管に診断区間を定め、この診断区間の両端を音響的な反射体で仕切り、上記診断区間内に所定の圧力を有する気体を発生させ、この気体圧によって配管破損個所から発生した放射音波を上記診断区間内に離間配置された一対のマイクロホンで検出し、これらマイクロホンで検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出するようにしたことを特徴とする配管診断方法。

【請求項11】前記診断区間の両端近傍に前記マイクロホンをそれぞれ配置していることを特徴とする請求項10に記載の配管診断方法。

【請求項12】前記管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出するに際して、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間伝達関数を計測し、この管内空間伝達関数を用いて少なくとも前記配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項10に記載の配管診断方法。

【請求項13】前記診断対象となる配管内部が実質的に空の水道管の場合には、前記反射体として上記水道管に付設されている仕切弁を用い、前記診断区間内に前記気体圧を発生させる要素の一部及び前記マイクロホンを上記水道管に付設されている消火栓を通して前記診断区間内に配置していることを特徴とする請求項10に記載の配管診断方法。

【請求項14】地下に埋設されている診断対象となる配管に診断区間を定め、この診断区間の両端を仕切体で仕切り、上記診断区間内に所定の圧力を有する気体を発生させ、この気体圧によって配管破損個所から発生する放射音波を上記配管を通して放射音検知センサで検出するとともに少なくとも一対の地表振動検知センサを地表面に配置し、これら地表振動検知センサの出力信号から前記放射音検知センサで得られた信号とは関わりのない雑音信号を相互相関処理でそれぞれ除去し、この処理を経た対をなす信号を用いて地表面に伝わる前記放射音波の振動インテンシティを求め、この振動インテンシティから少なくとも配管破損個所の位置を算出するようにしたことを特徴とする配管診断方法。

【請求項15】実質的に内部が空の配管を診断するための装置であって、診断対象となる配管で、両端が音響的な反射体で仕切られた診断区間内で人工的に音波を発生させる音波発生手段と、前記診断区間内に離間配置される一対のマイクロホンと、これらマイクロホンで検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出する配

管破損個所算出手段とを具備してなることを特徴とする配管診断装置。

【請求項16】前記配管破損個所算出手段は、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間伝達関数を計測し、この管内空間伝達関数の実数部と虚数部とを用いて少なくとも前記配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項15に記載の配管診断装置。

【請求項17】前記配管破損個所算出手段は、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間インパルス応答関数または相互相関関数を計測し、この計測データを基に前記配管破損個所で生じる反射波に起因した成分から少なくとも前記配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項15に記載の配管診断装置。

【請求項18】前記音波発生手段は、前記配管の前記診断区間に、上記配管の口径で決まる管径方向の一次共鳴モードを励起させる単一周波数の音波を発生させており、前記配管破損個所算出手段は、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間インパルス応答関数または相互相関関数を計測し、この計測データを基に前記配管破損個所で生じる反射波に起因した成分から少なくとも前記配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項15に記載の配管診断装置。

【請求項19】前記音波発生手段は、前記配管の共鳴周波数を同定し、この共鳴周波数の音波を前記診断区間に発生させており、前記配管破損個所算出手段は、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間インパルス応答関数または相互相関関数を計測し、この計測データを基に前記配管破損個所で生じる反射波に起因した成分から少なくとも前記配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項15に記載の配管診断装置。

【請求項20】前記配管破損個所算出手段は、前記配管が地下に埋設されているときには、破損個所の周辺に形成される空洞部によって生じた共鳴周波数から地下空洞箇所を推定し、少なくとも配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項15に記載の配管診断装置。

【請求項21】実質的に内部が空の配管を診断するための装置であって、診断対象となる配管で、両端が音響的な反射体で仕切られた診断区間に所定の圧力を有する気体を発生させる気体圧発生手段と、前記診断区間に離間配置されて前記気体圧によって配管破損個所から発生した放射音波を検出する一対のマイクロホンと、これらマイクロホンで検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出する配管破損個所算出手段とを具備してなることを特徴とする配管診断装置。

【請求項22】前記配管破損個所算出手段と前記マイクロホンとで検出された管内音圧から管内空間伝達関数を計測し、この管内空間伝達関数を用いて少なくとも前記

配管破損個所の位置を算出していることを特徴とする請求項21に記載の配管診断装置。

【請求項23】地下に埋設されている実質的に内部が空の配管を診断するための装置であって、診断対象となる配管で、両端が仕切体によって仕切られた診断区間に空気圧を発生させる気体圧発生手段と、前記気体圧によって配管破損個所から発生する放射音波を上記配管を通して検出する放射音検知センサと、地表面に配置された少なくとも一対の地表振動検知センサと、これら地表振動検知センサの出力信号から前記放射音検知センサで得られた信号とは関わりのない雑音信号を相互相関処理でそれぞれ除去する手段と、この手段による処理を経た対をなす信号を用いて地表面に伝わる前記放射音波の振動インテンシティを求め、この振動インテンシティから少なくとも配管破損個所の位置を算出する配管破損個所算出手段とを具備してなることを特徴とする配管診断装置。

【請求項24】各種の配管を備えた設備本体と、診断対象となる配管で、診断区間となる両端を音響的な反射体で仕切る仕切り手段と、この手段で仕切られた診断区間で人工的に音波を発生させる音波発生手段と、前記診断区間に離間配置される一対のマイクロホンと、これらマイクロホンで検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出する配管破損個所算出手段と、前記仕切り手段及び前記音波発生装置手段及び前記配管破損個所算出手段を用いて配管破損個所探査動作を所定時間おきに実行させる管理手段とを具備してなることを特徴とする配管付き設備。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、配管の破損箇所探査に主眼を置いた配管診断方法、配管診断装置及び配管付き設備に関する。

【0002】

【従来の技術】周知のように、水道管路の多くは地下に埋設されている。このため、地震等によって水道管が破損したとき、その破損箇所、つまり漏水箇所を探査・確認することが非常に困難で、早期復旧を遅らせる要因となっている。

【0003】ところで、このような水道管の漏水箇所を探査する技術としては、地中探査レーダを用いるもの、TVカメラを用いるもの、水圧、ガス、空気、音、流量などの変化を利用するものなどがある。

【0004】しかしながら、これらの技術は、地震災害等を想定したものではないので、例えば地震災害時には適用できないものが多い。

【0005】すなわち、地震災害時は以下に示すような制約条件があるからである。

【0006】(1) 内部に水のない空管状態における探

査。

【0007】被災時は腐食などで起こる通常の管路破損とは規模が違い、破損箇所から水が一気に吹き出し、水のない空管の状態になる。

【0008】(2) 破損の有無だけでなく、破損箇所の位置まで探査しなければいけない。

【0009】(3) できるだけ少ない計測点数。

【0010】地表面には亀裂・段差ができており、地表面からの計測が困難な場合もある。

(4) 短い計測時間(設置・計測・撤収まで)。

【0011】(5) 最少限の付加設備。

【0012】(6) 小型軽量。

【0013】(7) 配管上下のうねり部による局所的管内水たまりの影響も考慮。

【0014】(8) 直管だけでなく分岐管へも適用できること。

【0015】このような制約条件があるので、例えば従来の地中探査レーダを用いるものを例にとると、この技術では地表面から計測するので、上述した(3)の条件を満たすことが難しく、地層の変化も影響し、地中での破損箇所を推定することは困難である。一方、配管内に空気を注入し、空気量の変化から破損を探索する技術を例にとると、これはあくまでもその区間に破損があるかどうかの有無を探索する技術に過ぎず、破損位置の特定は不可能であった。

【0016】阪神大震災時には、空管の状態になった水道管に空気の代わりに水を注入し、あえて破損箇所から漏水させ、それによって地中に創出した漏水音を調査員が地表から聴きながら漏水箇所を探索する方法が採られた。

【0017】しかし、この方法では、水を必要とすること、周囲環境騒音の中から漏水音のみを聞き分けられる熟練された調査員が必要であること、1つ1つの水道管に水を入れて音を聴くという人海戦術を採らざるを得ないこと、などの理由から非常に時間と労力を要した。なお、スモークやヘリウムガスを注入する技術もあるが、水道管のような配管に対しては安全面、衛生面等から適当とはいえない。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】上述の如く、従来の技術では、対象とする配管が所定の圧のかかった満水でなければならなかったり、破損の有無はわかるが破損箇所までは算出不可能であったり、破損箇所まで見つけるには地表面から数時間かけて計測しなければならなかったり、準備に時間を要したりして、制約条件の多い地震災害時には適用できない問題があった。

【0019】そこで本発明は、対象とする配管が空管の場合であっても、配管に存在する破損箇所の位置を少ない計測点数で短時間に見つけ出すことができる配管診断方法、配管診断装置及び配管付き設備を提供することを

目的としている。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の第1の発明に係る配管診断方法では、診断対象となる配管に診断区間を定め、この診断区間の両端を音響的な反射体で仕切り、上記診断区間内で人工的に音波を発生させ、この音波を上記診断区間内に離間配置された一対のマイクロホンで検出し、これらマイクロホンで検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損箇所の位置を算出するようにしている。

【0021】なお、第1の発明に係る方法を採用するに当たり、上記診断区間の一端側近傍で前記音波を人工的に発生させ、上記診断区間の両端近傍に前記マイクロホンをそれぞれ配置することが好ましい。

【0022】また、第1の発明に係る方法を採用するに当たり、前記管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損箇所の位置を算出するに際して、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間伝達関数を計測し、この管内空間伝達関数の実数部と虚数部とを用いて少なくとも前記配管破損箇所の位置を算出してもよいし、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間インパルス応答関数または相互相関関数を計測し、この計測データを基に前記配管破損箇所で生じる反射波に起因した成分から少なくとも前記配管破損箇所の位置を算出してもよい。なお、後者を採用する場合、前記配管の前記診断区間内に上記配管の口径で決まる管径方向の一次共鳴モードを励起させる単一周波数の音波を人工的に発生させるようにしてもよいし、さらに前記配管の共鳴周波数を同定し、この共鳴周波数の音波を人工的に発生させるようにしてもよい。

【0023】また、第1の発明に係る方法を採用するに当たり、前記診断対象となる配管内部が実質的に空の水道管の場合には、前記反射体として上記水道管に付設されている仕切弁を用い、人工的な前記音波の発生に供される要素及び前記マイクロホンを上記水道管に付設されている消火栓を通して前記診断区間内に配置することが好ましい。この場合、前記消火栓内に、この消火栓内での音の反射を防止する反射抑制要素を装着することが好ましい。

【0024】上記目的を達成するために、本発明の第2の発明に係る配管診断方法では、診断対象となる配管に診断区間を定め、この診断区間の両端を音響的な反射体で仕切り、上記診断区間内に所定の圧力を有する気体圧を発生させ、この気体圧によって配管破損箇所から発生した放射音波を上記診断区間内に離間配置された一対のマイクロホンで検出し、これらマイクロホンで検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損箇所の位置を算出するようにしている。

【0025】なお、この第2の発明に係る方法を採用する場合、前記診断区間の両端近傍に前記マイクロホンをそれぞれ配置することが好ましい。

【0026】また、第2の発明に係る方法を採用するに当たり、管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出するに際して、前記マイクロホンで検出された管内音圧から管内空間伝達関数を計測し、この管内空間伝達関数を用いて少なくとも前記配管破損個所の位置を算出することが好ましい。

【0027】また、第2の発明に係る方法を採用するに当たり、前記診断対象となる配管内部が実質的に空の水道管の場合には、前記反射体として上記水道管に付設されている仕切弁を用い、前記診断区間内に気体圧を発生させる要素の一部及び前記マイクロホンを上記水道管に付設されている消火栓を通して前記診断区間内に配置することが好ましい。

【0028】上記目的を達成するために、本発明の第3の発明に係る配管診断方法では、地下に埋設されている診断対象となる配管に診断区間を定め、この診断区間の両端を仕切体で仕切り、上記診断区間内に所定圧力を有する気体を発生させ、この気体圧によって配管破損個所から発生する放射音波を上記配管を通して放射音検知センサで検出するとともに少なくとも一対の地表振動検知センサを地表面に配置し、これら地表振動検知センサの出力信号から前記放射音検知センサで得られた信号とは関わりのない雑音信号を相互相関処理でそれぞれ除去し、この処理を経た対をなす信号を用いて地表面に伝わる前記放射音波の振動インテンシティを求め、この振動インテンシティから少なくとも配管破損個所の位置を算出するようにしている。

【0029】上記目的を達成するために、本発明の第4の発明に係る配管診断装置は、診断対象となる配管で、両端が音響的な反射体で仕切られた診断区間内で人工的に音波を発生させる音波発生手段と、前記診断区間内に離間配置される一対のマイクロホンと、これらマイクロホンで検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出する配管破損個所算出手段とを備えている。

【0030】なお、この第4の発明に係る配管診断装置において、前記第1の発明に係る配管診断方法で採用可能としている配管破損個所算出方式、音波発生手段並びにマイクロホンの設置方式を採用することができる。

【0031】上記目的を達成するために、本発明の第5の発明に係る配管診断装置は、診断対象となる配管で、両端が音響的な反射体で仕切られた診断区間内に所定の圧力を有する気体を発生させる気体圧発生手段と、前記診断区間内に離間配置されて前記気体圧によって配管破損個所から発生した放射音波を検出する一対のマイクロホンと、これらマイクロホンで検出された管内音圧から

管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出する配管破損個所算出手段とを備えている。

【0032】なお、この第5の発明に係る配管診断装置において、前記第2の発明に係る配管診断方法で採用可能としている配管破損個所算出方式、音波発生手段並びにマイクロホンの設置方式を採用することができる。

【0033】上記目的を達成するために、本発明の第6の発明に係る配管診断装置は、診断対象となる配管で、
10 両端が仕切体によって仕切られた診断区間内に所定の圧力を有する気体を発生させる気体圧発生手段と、前記気体圧によって配管破損個所から発生する放射音波を上記配管を通して検出する放射音検知センサと、地表面に配置された少なくとも一対の地表振動検知センサと、これら地表振動検知センサの出力信号から前記放射音検知センサで得られた信号とは関わりのない雑音信号を相互相関処理でそれぞれ除去する手段と、この手段による処理を経た対をなす信号を用いて地表面に伝わる前記放射音波の振動インテンシティを求め、この振動インテンシ
20 ティから少なくとも配管破損個所の位置を算出する配管破損個所算出手段とを備えている。

【0034】上記目的を達成するために、本発明の第7の発明に係る配管付き設備は、各種の配管を備えた設備本体と、診断対象となる配管で、診断区間となる両端を音響的な反射体で仕切る仕切り手段と、この手段で仕切られた診断区間内で人工的に音波を発生させる音波発生手段と、前記診断区間内に離間配置される一対のマイクロホンと、これらマイクロホンで検出された管内音圧から管内音響波の性質を計測し、計測された性質から少なくとも配管破損個所の位置を算出する配管破損個所算出手段と、前記仕切り手段及び前記音波発生装置手段及び前記配管破損個所算出手段を用いて配管破損個所探査動作を所定時間おきに実行させる管理手段とを備えている。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら発明の実施形態を説明する。

【0036】図1には地震災害等が原因で空管となっている地下埋設水道管の破損位置を本発明の第1の実施形態に係る配管診断装置11で探査しているときの概念図が示されている。

【0037】すなわち、同図において、1は地下に埋設されている水道管を示し、2は地表面を示し、3a、3bは水道管1に接続されている消火栓を示し、4a、4bは金属製の仕切り弁を示している。

【0038】配管診断装置11を用いて配管、つまり水道管を診断するときには、まず診断対象となる水道管1を選び、次に選ばれた水道管1に診断区間5を設定する。この診断区間5の設定は仕切り弁4a、4bを閉めることによって行われる。つまり、水道管1内で仕切り

弁4aと4bとの間に位置する部分が診断区間5となる。仕切り弁4a、4bの配設位置は、通常、水道管埋設地図等に記載されている。したがって、これらから診断区間5の管軸方向の距離を知ることができる。勿論、実測して知ることもできる。

【0039】このようにして診断区間5が設定されたら、仕切り弁4a、4bの近くで、かつ仕切り弁4a、4b間に接続されている消火栓3a、3bを選ぶ。そして、消火栓3a、3bの先端に取り付けられているバルブ類を取り外して胴筒だけにする。

【0040】次に、この例の場合、消火栓3aの胴筒を通して小型のスピーカ12と小型のマイクロホン13とを水道管1内に配置する。また、消火栓3bの胴筒を通して小型のマイクロホン14を水道管1内に配置する。

【0041】そして、スピーカ12の入力端をスピーカ駆動装置15に接続し、マイクロホン13、14の出力端をA/D変換器16a、16bを介して空間伝達関数計測装置17に入力し、この空間伝達関数計測装置17の出力を配管破損箇所算出装置18に導入する。なお、この例では各消火栓3a、3bの胴筒内に、この胴筒内での音の反射を防止する反射抑制材19を充填している。

【0042】上記構成から判るように、この例では診断対象となる水道管1内に音響的には剛壁、すなわち完全反射壁として扱うことが可能な仕切り弁4a、4bによって仕切られた診断区間5を設定し、この診断区間5内にスピーカ12を挿入して人工的な音波を発生させる。このとき、診断区間5内に離間配置したマイクロホン13、14によって診断区間5内の音圧を測定し、2点間の信号から空間伝達関数を測定し、診断区間5内の音波

の伝わり方から2つのマイクロホン13、14間にある少なくとも破損箇所Bの位置を算出するようにしている。また、必要に応じて破損箇所Bの大きさ(形状)を測定により知ることもできる。

【0043】破損箇所Bが存在すると、そこで反射波が存在することから、計測値は健全な配管の場合に比べ変化する。

【0044】地震災害時に水道管1に起こる破損の状況としては、図2(a)に示すように水道管1の周方向に亀裂20が生じたり、図2(b)に示すように水道管1に接続されている分岐管21が根元から折れて分岐管口径分の孔22が開いたり、図2(c)に示すように水道管1が完全に切断され、その切断面23に土24がかぶさったりする状態が考えられる。

【0045】この装置で扱う音波は配管内部の空気を伝わる平面波(平面波として配管を伝播する限界周波数は配管口径で決まる)であることから、管壁の種類に左右されず、また配管内部の凹凸や土などの障害物が存在しても、あるいは配管が上下にうねるような形状であっても、あるいはまた図2に示す何れの状況であっても破損箇所の位置を算出することが可能である。

【0046】今、図3に示すように、診断区間5の管軸方向の長さをLとし、診断区間5の左端壁から L_1 、診断区間5の右端壁から L_2 の位置Zの管壁に半径aの孔が存在した場合、診断区間5の左端壁、診断区間5の右端壁の音圧 B_1 、 B_2 及び粒子速度 U_1 、 U_2 は以下のようなになる。

【0047】

【数1】

$$\begin{aligned}
 \begin{Bmatrix} P_1 \\ U_1 \end{Bmatrix} &= \begin{bmatrix} \cos kL_1 & j\frac{\rho c}{S}\sin kL_1 \\ j\frac{S}{\rho c}\sin kL_1 & \cos kL_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{Z} & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos kL_2 & j\frac{\rho c}{S}\sin kL_2 \\ j\frac{S}{\rho c}\sin kL_2 & \cos kL_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_2 \\ U_2 \end{Bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_2 \\ U_2 \end{Bmatrix} \quad \dots(1)
 \end{aligned}$$

P_1 : 音圧 (管内左端壁面) U_1 : 粒子速度 (管内左端壁面)

P_2 : 音圧 (管内右端壁面) U_2 : 粒子速度 (管内右端壁面)

k : ($=\frac{2\pi f}{c}$) 波数 c : 音速

L : 配管長 L_1 : 左端から破損位置までの距離

ρ : 密度

S : 配管断面積 j : 虚数

Z : 音響放射インピーダンス

壁の中のピストン音放射モデルを仮定すると、

$$Z = \rho c \frac{(ka)^2}{2} + j\rho c \frac{8}{3\pi} ka$$

a : 破損形状を円形としたときの穴半径

右端は完全反射剛壁であるので、 $U_2 = 0$

よって、 $P_1 = AP_2 + BU_2 = AP_2$

$$\begin{aligned}
 \therefore A &= \cos kL + \frac{1}{ka \left\{ (ka)^2 + \left(\frac{8}{3\pi} \right)^2 \right\}} \frac{8}{3\pi} \frac{1}{S} [\sin kL + \sin k(L - 2L_2)] \\
 &\quad - j \frac{1}{ka \left\{ (ka)^2 + \left(\frac{8}{3\pi} \right)^2 \right\}} \frac{1}{S} [\sin kL + \sin k(L - 2L_2)]
 \end{aligned}$$

従って、実数部と虚数部に分けると、

$$\text{虚数部 } \text{Im}ag = - \frac{1}{ka \left\{ (ka)^2 + \left(\frac{8}{3\pi} \right)^2 \right\}} \frac{1}{S} [\sin kL + \sin k(L - 2L_2)] \quad \dots(2)$$

【0048】この式(2)を信号処理することによって、孔の位置 Z で決まる距離 L_2 を算出する。

【0049】 L_2 の算出方法について具体的に説明する。

【0050】(1) 逆フーリエ変換の場合

たとえば虚数部を逆フーリエ変換した場合、図4に示すように、2つのピークが現れる。2番目のピークが破損箇所 L_2 に依存したピークであることから、既知である配管長 L を代入することで、 L_2 を逆算することができる。

【0051】図5には診断区間 $L=12\text{m}$ 、診断区間の左端壁から5mの位置に口径80cmの破損孔、破損孔の外側周囲1mを掘り起こした解放空間を持つ実験設備を使って得られた結果が示されている。

【0052】図5(a)は管内の空間伝達関数の実数部の実測データ、図5(b)は管内の空間伝達関数の虚数部の実測データであり、式(2)に相当する。実数部を*

*逆フーリエ変換すると図5(c)、(d)となり、虚数部を逆フーリエ変換すると図5(e)、(f)となり、配管長 L のみで決まるピークと配管長 L と破損孔位置の距離 L_2 とによって決まるピークに分離でき、2つのピークが算出される。

【0053】配管長 L が既知であることから、前者のピークは配管長によるものと容易に推測され、残りのピークが現れた横軸の数値から破損孔位置を逆算することができる。なお、ピークの大きさは、式(2)より、破損孔の形状、大きさにより変化することから、ピークの大きさの大小から定性的に破損規模を推測することも可能となる。なお、図5(g)、(h)は図5(e)、(f)の横軸を配管長 L で割算して正規化したものである。

【0054】(2) 他の信号処理方法

以下のようにして直交条件と同様に計算する

【数2】

$$\int_0^L Y_i(x) Y_j(x) dx = 0 \quad (i \neq j)$$

$$Y_i(x) = \sin \frac{i\pi x}{L} \quad \dots (3)$$

式(2)の虚数部は

$$\text{Imag} = -\frac{1}{ka \left\{ (ka)^2 + \left(\frac{8}{3\pi} \right)^2 \right\}} \frac{1}{S} \left[\sin \frac{2\pi f}{C} L + \sin \frac{2\pi f}{C} (L - 2L_1) \right]$$

$$= \alpha \left[\sin \frac{2\pi f}{C} L + \sin \frac{2\pi f}{C} (L - 2L_1) \right] \quad \dots (4)$$

従って、虚数部は周波数 f の関数となる。よって、

Imag の項に $\sin \frac{2\pi f}{C} (L - 2x)$ 、(但し x は0から L まで変化させる)をかけることで、上記直交条件と同様な解釈が可能となる。

$$P(x) = \text{Imag} \times \sin \frac{2\pi f}{C} (L - 2x)$$

$$= \int_0^{f_{\max}} Y_i(f) Y_j(f) df$$

$$= \sum_{f=0}^{f_{\max}} Y_i(f) Y_j(f)$$

$$= \alpha \sum_{f=0}^{f_{\max}} \left[\sin \frac{2\pi f}{C} L + \sin \frac{2\pi f}{C} (L - 2L_1) \right] \times \sin \frac{2\pi f}{C} (L - 2x) \quad \dots (5)$$

i 項 (変化なし) j 項 (x を0から L まで変化させる)

【0055】

* * 【数3】

実測により決まる i 項に対して、 L_2 を変化させることで j 項は変化する。

i 項の第1項目は j 項の x が0のとき以外は一致しない。

i 項の第2項目は j 項の x が L_2 になったとき、 i 項と一致し、それ以外は積和は0。

よって、

$$P(x) = \alpha \left\{ \begin{array}{l} \sin \frac{2\pi f}{C} L + \sin \frac{2\pi(L-2L_1)}{C} f_0 \\ \sin \frac{2\pi f}{C} L + \sin \frac{2\pi(L-2L_1)}{C} f_1 \\ \sin \frac{2\pi f}{C} L + \sin \frac{2\pi(L-2L_1)}{C} f_2 \\ \vdots \\ \sin \frac{2\pi f}{C} L + \sin \frac{2\pi(L-2L_1)}{C} f_{\max} \end{array} \right\} \times \left\{ \begin{array}{l} \sin \frac{2\pi(L-2x)}{C} f_0 \\ \sin \frac{2\pi(L-2x)}{C} f_1 \\ \sin \frac{2\pi(L-2x)}{C} f_2 \\ \vdots \\ \sin \frac{2\pi(L-2x)}{C} f_{\max} \end{array} \right\} \quad \dots (6)$$

【0056】 x を変化させ、一回一回変化した状態での $B(x)$ を算出する。横軸に x 、縦軸に $B(x)$ のグラフを作ると、 $x=0$ 、 $x=L_2$ となったときだけ、直交条件を満たし、 $B(x)$ が値を持ち、それ以外は零となる。配管長 L は既知であることから当然、 $x=0$ で値を持つことは明らかであることから、 $x \neq 0$ 以外で値を持ったとき、そのときの x が配管破損位置となる。上記の場合は、 $x=L_2$ が破損位置となる。

※【0057】なお、図1に示すように、消火栓3a、3bの胴筒を通してスピーカ12やマイクロホン13、14を配管内に配置する場合、胴筒を分岐管とみなすことができるので、その分岐管の先端の条件によって音の伝わり方が変化する。図6に示すように、分岐管の先端部がたとえ閉じられていても、分岐の長さ L_a によって音響伝播が変化する。

※50 【0058】2つの消火栓3a、3bが音響伝播路とし

て存在していると、式(2)で表した直管の場合の式に比べて音圧、粒子速度の式は下記のように複雑になる。 * 【0059】

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ U_1 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_0} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos kL_1 & j\frac{\rho c}{S} \sin kL_1 \\ j\frac{S}{\rho c} \sin kL_1 & \cos kL_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{Z} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos kL_2 & j\frac{\rho c}{S} \sin kL_2 \\ j\frac{S}{\rho c} \sin kL_2 & \cos kL_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_0} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_2 \\ U_2 \end{Bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_1 \\ U_1 \end{Bmatrix} \quad \dots(7)$$

P_1 : 音圧 (管内左端壁面) U_1 : 粒子速度 (管内左端壁面)

P_2 : 音圧 (管内右端壁面) U_2 : 粒子速度 (管内右端壁面)

k : ($= \frac{2\pi f}{c}$) 波数

L : 配管長 L_0 : 分岐長 L_1 : 左端から破損位置までの距離

ρ : 密度 c : 音速

S : 配管断面積 S_0 : 分岐断面積 j : 虚数

Z : 音響放射インピーダンス

壁の中のピストン音放射モデルを仮定すると、

$$Z = \rho c \frac{(ka)^2}{2} + j\rho c \frac{8}{3\pi} ka$$

a : 破損形状を円形としたときの穴半径

$$Z_0 = -j\frac{\rho c}{S_0} \cot kL_0$$

【0060】したがって、図1に示すように、分岐管、つまり消火栓3a、3bの胴筒内に音の反射を防止する反射抑制材19を充填して空間をなくすと、モデルを簡化することができる。

【0061】図7には本発明の第2の実施形態に係る配管診断装置11aが示されている。この図では、図1と同一機能部分が同一符号で示されている。したがって、重複する部分の説明は省略する。

【0062】図1に示す装置では、管内の空間伝達関数から破損位置を算出しているが、この例に係る装置では、A/D変換器16a、16bの出力を相互相関関数計測装置25あるいはインパルス応答関数計測装置26に導入し、これら計測装置の出力を配管破損箇所算出装置27に導入して破損位置を算出させるようにしている。

【0063】すなわち、図8に示すような診断区間5を持つ配管、例えば水道管1において、診断区間5の左端から音波(平面波)を発信させると、同じ左端で受信するタイミング(受信時間)は図9(a)中 TP_1 のようになる。はじめは音波発信位置と受信位置とがほぼ等しいことから、受信時間は0、続いて配管破損箇所Zで反射して戻る音波を受信することから、その時間は $2L_1/C$ (C : 空気を伝播する音速)である。次は、その音波が左端で反射し、再度、配管破損箇所Zで反射し戻る音波である。その次は、診断区間5の右端で反射し戻る音波である。右端で受信する音波の時間については図9(a)中 TP_2 のようになる。

※【0064】したがって、相互相関処理により、図10に示すような2点間音波到達時間差($\Delta T = TP_2 - TP_1$)を観測できるので、配管破損箇所Bに依存する時間差から配管破損箇所の位置を逆算することができる。

【0065】この例に係る配管診断装置11aでは、相互相関関数(あるいはインパルス応答関数)により、上記時間 ΔT を計測し、これによって配管破損箇所Bの位置を算出させるようにしている。

【0066】なお、図11に示すような分岐部がある配管についても、 L_a 、 L_b が既知であることから配管破損箇所に依存する時間差を判別することが可能となり、逆算して配管破損箇所の位置を算出することができる。

【0067】図12には本発明の第3の実施形態に係る配管診断装置11bが示されている。この図では、図1及び図7と同一機能部分が同一符号で示されている。したがって、重複する部分の説明は省略する。

【0068】この例に係る装置11bでは、スピーカ12から、診断区間5の配管、つまり水道管1の口径で決まる管内1次共鳴モードが卓越する単一周波数の音波を発生させている。破損のない正常な配管に比べ、破損があると対称性が崩れることから、より振動しやすくなり、そのモードは正常時よりも顕著に現れる。

【0069】管内は共鳴現象により定在波が支配的だが、対称性が崩れたことにより進行波成分も現れ、その波が配管破損箇所Zで反射する。そこで、この例に係る装置11bでは先の基本原理にしたがって相互相関処理な

※50

どにより配管破損個所の位置を算出するようにしている。

【0070】図13には図12に示した手法で、診断区間12m、口径60cm、診断区間の左端から $L_1 = 3$ mの位置に径が5 cm の破損孔を有した配管を用いて配管破損個所の位置を算出する実験を行った結果が示されている。

【0071】実験方法は以下の通りである。

【0072】(1) 1次共鳴モードが卓越する単一周波数を片方から発生させ、両側2点間の空間伝達関数を測定し、これを逆フーリエ変換し、時間軸のインパルス応答関数を算出する。

【0073】(2) 破損孔位置の存在で現われた反射波の到達時間から、破損孔位置 (L_1) を算出する。

【0074】図13において、Xは診断区間の右端からの反射波で、Yは破損孔からの反射波である。Yまでの時間は18.1ミリ秒であり、音速を340m/sとすると、 $L_1 = 3.07$ mとなり、ほぼ正確に破損孔箇所の位置を算出することができた。

【0075】なお、管内1次共鳴モードは配管口径で決まるものの、実際の配管は途中で口径が変化していたり、管内が経年変化により変形していたり、途中の分岐部の影響を受けたりして、正しく1次共鳴モードを計算により算出することができない場合もある。

【0076】このように配管の情報が未知の場合、図12中に2点鎖線で示すように、共鳴周波数同定装置28を設け、管内が共鳴するまで音波の周波数を変化させていき、共鳴したときの周波数を同定する。そして、その周波数で改めて音波を発生させて、以下同様の手法によ

って、少なくとも配管破損個所の位置を算出するようになればよい。

【0077】なお、地震等の被災時、破損が激しい箇所では水が吹き出すことから、破損箇所周囲に、図14(a)に示すように、空洞30ができることが知られている。音響モデルにおいて、空洞30は図14(b)に示すように共鳴室31として扱うことができる。したがって、この共鳴室31の寸法に依存した共鳴周波数が現れたら、共鳴室31、すなわち空洞30が生じていることが判る。これにより、破損した事実も判ることになる。この共鳴室モデルを先に説明した伝達マトリクスモデルに追加することで、共鳴室の位置も算出することが可能となり、破損箇所の位置を逆算することができる。

【0078】図15には本発明の第4の実施形態に係る配管診断装置11cが示されている。この図では、図1と同一機能部分が同一符号で示されている。したがって、重複する部分の説明は省略する。

【0079】先の各例では、診断区間5内に音波を発生させているが、この例では音波の代わりに、診断区間5内に空気圧注入装置32で空気圧を注入し、この注入によって配管破損個所Bに仮想音源を形成させる。

【0080】この仮想音源を用いると、以下の式から図16に示す診断区間5の左右端の音圧 P_1 、 P_2 、粒子速度 U_1 、 U_2 を求めることができる。これらは配管破損個所Bの位置 L_1 の関数として算出されるので、配管破損個所Bの位置 L_1 を逆算することができる。

【0081】

【数5】

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ U_1 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_i} & 0 \\ -\frac{1}{Z_i} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos kL_1 & -j\frac{\rho c}{S} \sin kL_1 \\ -j\frac{S}{\rho c} \sin kL_1 & \cos kL_1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_i \\ U_n \end{Bmatrix}$$

破損箇所での音圧は

$$P_i = P_s - Z_i(U_A + U_B)$$

$$Z_1 = -j \frac{\rho c}{A} \cot kl,$$

 P_1 : 音压 (管内左端壁面) U_1 : 粒子速度 (管内左端壁面)

P_2 : 音压 (管内右端壁面) U_2 : 粒子速度 (管内右端壁面)

$$k: (= \frac{2\pi f}{c}) \text{波数} \quad c: \text{音速}$$

L : 配管長 L_1 : 左端から破損位置までの距離

ρ : 密度

S : 配管断面積 A_f : 分岐部断面積 i : 虚数

κ :補正係数

 Z_i : 破損箇所内部のインピーダンス U_i : 破損箇所内部の体積速度 U_{11} : 配管内部の破損箇所左側体積速度 U_{i2} : 配管内部の破損箇所右側体積速度 P_t : 破損箇所を無負荷にしたときの仮想音圧 P_i : 破損箇所における音圧 Z_1 : 分岐部内部インピーダンス

【0082】図15に示す装置では、分岐部や配管埋設状態、配管寸法が既知であることを必要とするが、たとえば分岐部が存在し、その個数、存在箇所、分岐寸法が未知であっても、比較的簡単に配管破損箇所Bの位置を算出できる。

【0083】例えば、図17に示すように、分岐部33a、33bが存在し、かつその分岐部33a、33bが両端から離れていても、管内の破損箇所のできた仮想音源の音圧を測定するための2本のマイクロホン13、14間の距離が既知である限り、相互相関関数から2本のマイクロホン13、14への伝播時間差が判り、破損箇所*

$$t_1 = L_1 / C$$

$$t_2 = L_2 / C$$

$$T = |t_1 - t_2|$$

図18には本発明の第5の実施形態に係る配管診断装置11dが示されている。この図では、図15と同一機能部分が同一符号で示されている。したがって、重複する

* 所Bの位置を逆算することができる。これは、いわゆる通常の漏水検知で用いる相関法であるが、漏水検知の場合は管壁に伝わる音波を対象としていることから管種が重要であり、管種が未知の場合は漏水箇所を推定できなくなるが、図15に示す手法では管内空気を伝わる音波を対象とすることから管種には左右されないことが大きな利点である。

【0084】相互相関処理やインパルス応答関数により算出した時間差Tと破損箇所Bの位置との関係は、空気を伝わる音速をCとすると以下の式となる。

【0085】

... (9)

※部分の説明は省略する。

【0086】診断区間5への空気圧注入により配管破損箇所Bが新たな音源となれば、この音波は地中を介して

地表にも伝わる。したがって、地表でこの音波のインテンシティ（音波の放射エネルギーの流れ方向）を計測することで、配管破損箇所Bの位置を同定することができる。この装置11dは上述した原理を採用している。

【0087】この装置11dでは、空気圧の注入によって配管破損箇所Bから発生する放射音波を水道管1を通して例えば仕切り弁4a上で検出する放射音検知センサ34を設けるとともに地表面に少なくとも一対の地表振動検知センサ35a、35bを水道管1のは配設経路に沿って移動自在に設けている。そして、地表振動検知センサ35a、35bの出力信号から放射音検知センサ34で得られた信号とは関わりのない雑音信号を相互相関処理装置36a、36bで除去し、この処理を経た対をなす信号を用いて地表面に伝わる放射音波の振動インテンシティを演算装置37で求め、求められた振動インテンシティから配管破損箇所算出装置38で配管破損箇所Bの位置を算出させるようにしている。なお、図18中、39は空気漏れを防ぐシール要素を示している。

【0088】なお、上述した各例は、地下に埋設されている水道管等を診断対象とし、地震災害等に遭遇したときにおいて診断する方法及び装置についてであるが、各種の配管を備えた設備（プラント）に上述した診断装置、特に音響的な手法を用いる診断装置を常時設置しておき、この診断装置を一定時間おきに管理装置で動作させて配管を定期的に診断できるようにした設備構成を採用してもよい。

【0089】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、例えば地震災害等で空管状態になった配管の破損位置探查作業の容易化に寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る配管診断装置の概略構成図

【図2】地震災害等で起こり易い配管破損の例を示す図

【図3】同装置の動作を説明するための図

【図4】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図5】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図6】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図7】本発明の第2の実施形態に係る配管診断装置の概略構成図

【図8】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

の図

【図9】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図10】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図11】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図12】本発明の第3の実施形態に係る配管診断装置の概略構成図

【図13】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図14】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図15】本発明の第4の実施形態に係る配管診断装置の概略構成図

【図16】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図17】同装置による破損位置算出動作を説明するための図

【図18】本発明の第5の実施形態に係る配管診断装置の概略構成図

【符号の説明】

1…診断対象の配管である水道管

2…地表

3a、3b…消火栓

4a、4b…音響的に剛体とみなされる仕切り弁

5…診断区間

11、11a、11b、11c、11d…配管診断装置

12…スピーカ

13、14…マイクロホン

15…スピーカ駆動装置

16a、16b…A/D変換器

17…空間伝達関数計測装置

18、27、38…配管破損箇所算出装置

19…反射抑制材

25…相互相関関数計測装置

26…インパルス応答関数計測装置

28…共鳴周波数同定装置

32…空気圧注入装置

34…放射音検知センサ

35a、35b…地表振動検知センサ

36a、36b…相互相関処理装置

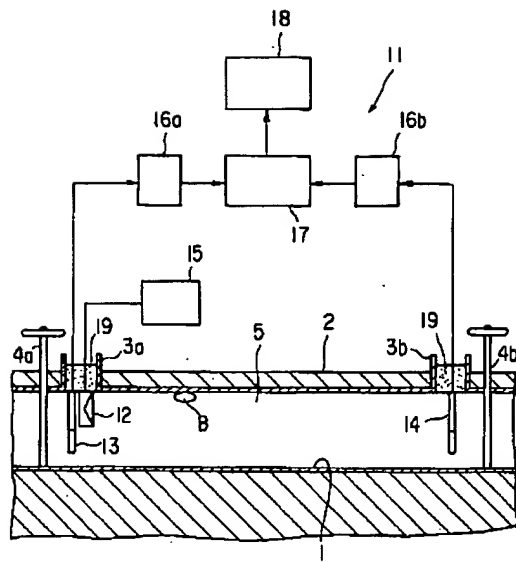
37…演算装置

B…配管破損箇所

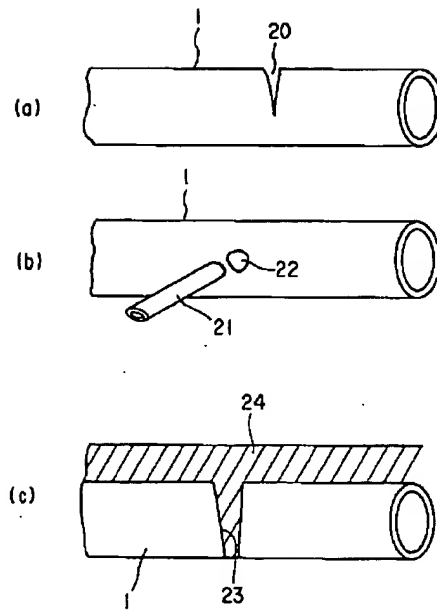
【図10】



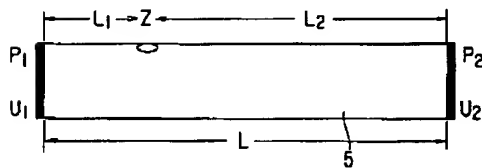
【図1】



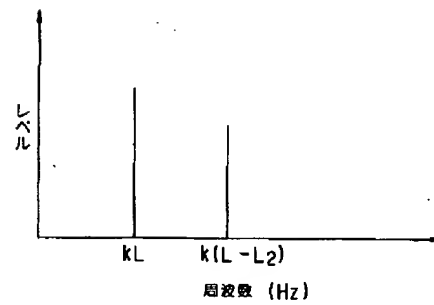
【図2】



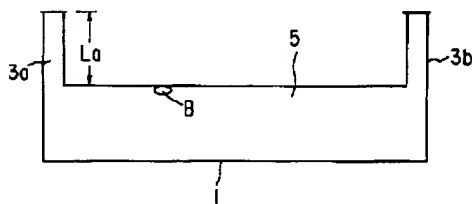
【図3】



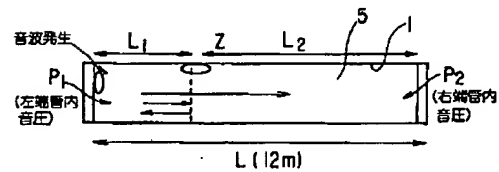
【図4】



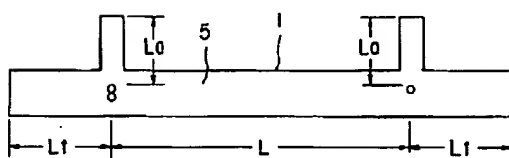
【図6】



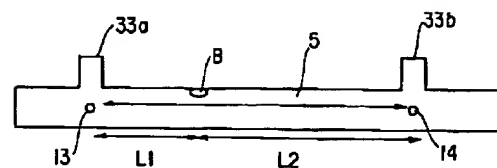
【図8】



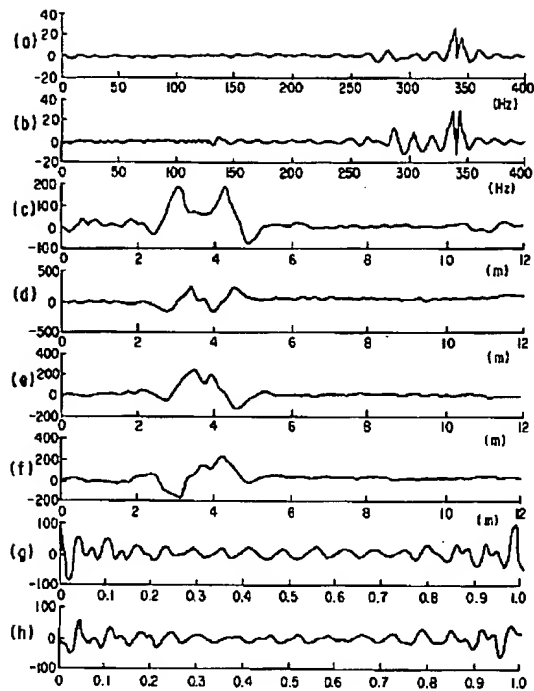
【図11】



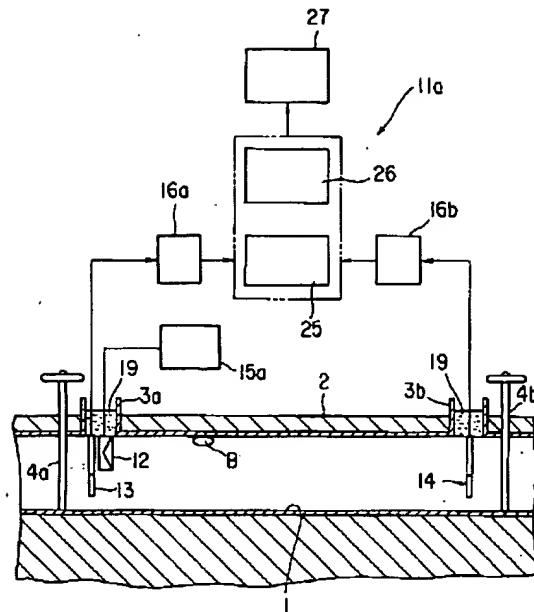
【図17】



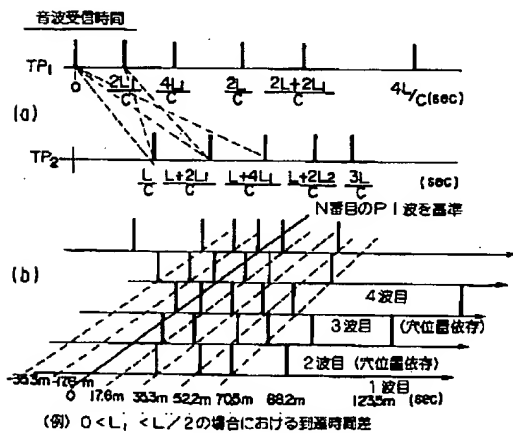
【図5】



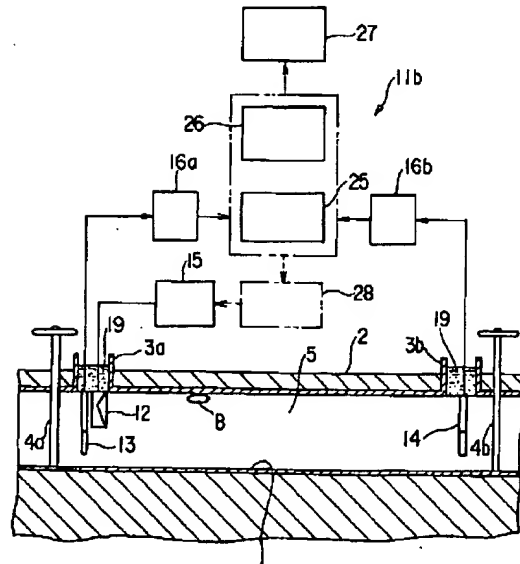
【図7】



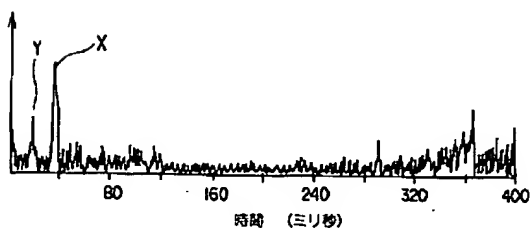
【図9】



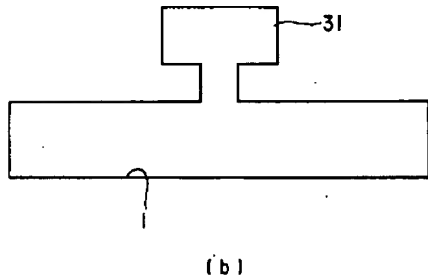
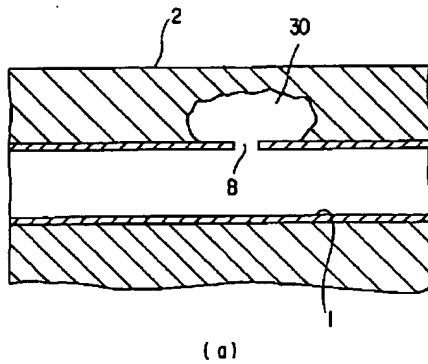
【図12】



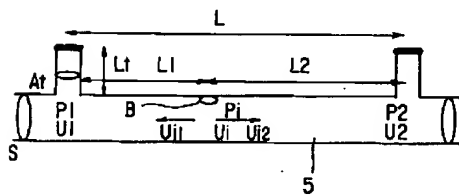
【図13】



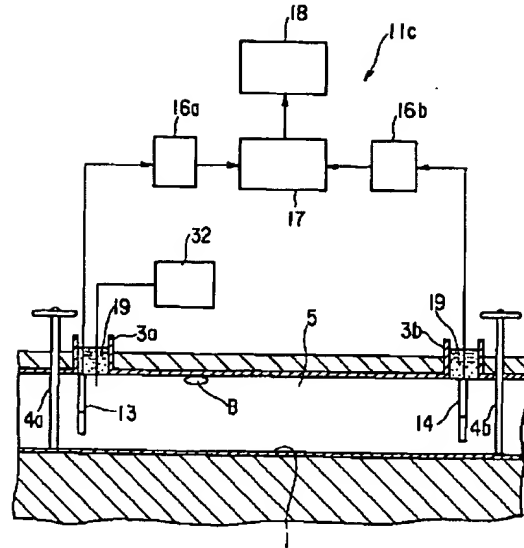
【図14】



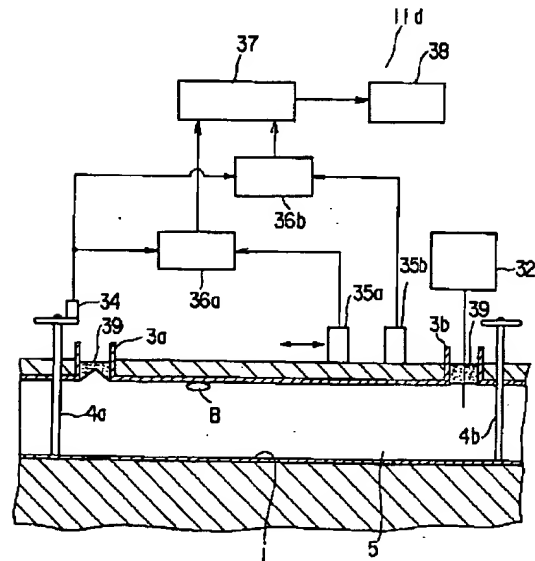
【図16】



【図15】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 環 省二郎
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
東芝本社事務所内

(72)発明者 奥 満男
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
東芝本社事務所内

Searching by Document Number

** Result [Patent] ** Format(P803) 08.Jul.2003 1/ 1

Application no/date: 1998- 70889[1998/03/19]
Date of request for examination: [2001/03/06]
Public disclosure no/date: 1999-270800[1999/10/05] **Translate**

Examined publication no/date (old law): []

Registration no/date: []

Examined publication date (present law): []

PCT application no

PCT publication no/date []

Applicant: TOSHIBA CORP

Inventor: EBATO AKIHIKO,HAYASHI TAKURO,SATO YOSHIYUKI,TAMAKI SHOJIRO,OKU MI
TSUO

IPC: F17D 5/06 G01B 17/00 G01N 29/20

FI: G01B 17/00 B G01N 29/20 F17D 5/06

F-term: 2F068AA02,AA49,BB09,CC00,CC16,DD07,FF12,FF23,GG01,HH01,KK14,KK18,
LL02,LL11,QQ10,QQ18,2G047AB01,BA04,BC07,CB01,GB26,GG09,GG36,3J071AA12,BB11,
CC18,EE11,EE18,EE31,EE38,FF12

Expanded classification: 241,461,462

Fixed keyword: R007

Citation:

Title of invention: PIP DIAGNOSTIC METHOD, PIPELINE DIAGNOSTIC SYSTEM, AND PIPELINE-MOUNTED EQUIPMENT

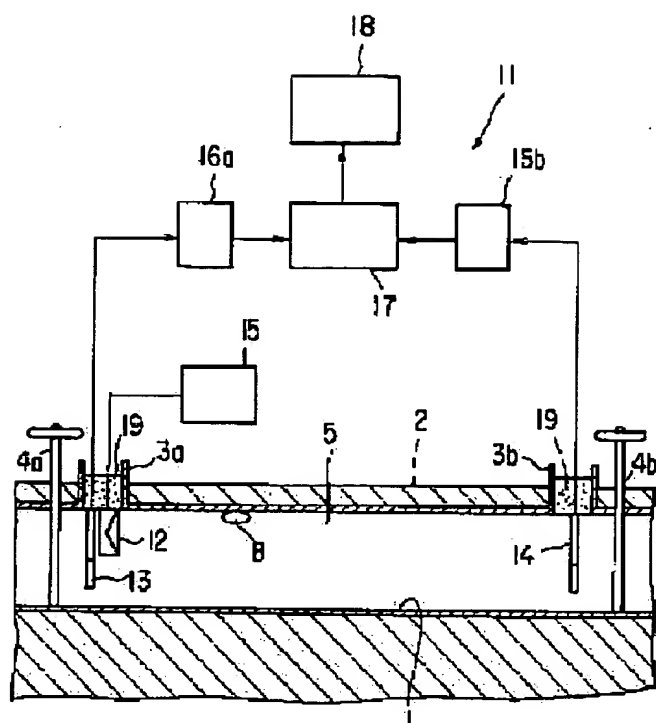
Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a pipeline diagnostic method, a pipeline diagnostic system, and pipeline-mounted equipment that all locate a breakage in a pipeline with less instrumentation and in a short period even if the target pipeline is empty.

SOLUTION: The pipeline diagnostic system comprises a sound generating means, or a speaker 12 and a speaker drive 15, for generating sound waves artificially within a pipeline 1 to be diagnosed at its diagnosis section 5 with both ends partitioned off by sound reflectors 4a and 4b; a pair of microphones 13 and 14 spaced from each other within the diagnosis section 5; and a pipeline breakage computing means, or A/D converters 16a and 16b, a space transfer function measuring device 17 and a pipeline breakage computer 18, for measuring the properties of the sound waves inside the pipeline 1 from the in-pipe sound pressure the microphones 13 and 14 detect and computing at least the location of a pipeline breakage from the measured properties.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

11/22/12



Priority country/date/number: () [()] ()
 Classification of examiners decision/date: () [()]
 Final examinational transaction/date: () [()]
 Examination intermediate record:
 (A63 1998/ 3/19,PATENT APPLICATION UTILITY MODEL REGISTRATION APPLICATION,21000:)
 (A961 1998/ 3/25,CORRECTION DATA BY EX OFFICIO (FORMALITY), :)
 (A621 2001/ 3/ 6,WRITTEN REQUEST FOR EXAMINATION,32300:)

*** Trial no/date [] Kind of trial [] ***
 Demandant: -
 Defendand: -
 Opponent: -
 Classification of trial decision of opposition/date: () [()]
 Final disposition of trial or appeal/date: () [()]
 Trial and opposition intermediate record:

Registration intermediate record:

Amount of annuities payment: year
 Lapse date of right: []
 Proprietor: -

Other Drawings...

(57)

[ABSTRACT]

[PROBLEM TO BE SOLVED]

Pipe arrangement diagnosis method which can begin to find lay of the break-down point where there is pipe arrangement to intend for in pipe arrangement in the case of empty pipe in a little measuring point number in a short time, pipe arrangement diagnosis apparatus and pipe arrangement arrangement belonging to is provided.

[SOLUTION]

Property of acoustic wave in pipe is measured from sound pressure in pipe detected with microphone 13,14 of the couple which both ends are estranged in reflector 4a of sound, generation of acoustic wave measure 12,15 generating acoustic wave in diagnosis interval 5 partitioned off in 4b artificially and diagnosis interval 5 with pipe arrangement 1 suffering from diagnosis object, and is disposed and these microphone 13,14, pipe arrangement broken part calculating means 16a, 16b which, at a minimum, calculate lay of pipe arrangement broken part from measured property, 17,18 are comprised.

[WHAT IS CLAIMED IS:]

[Claim 1]

Pipe arrangement diagnosis method; wherein; Fate, both ends of this diagnosis interval are partitioned off in reflector of sound in pipe arrangement suffering from diagnosis object between diagnosis wards, acoustic wave is generated in above diagnosis interval artificially, this acoustic wave is detected in microphone of the couple which it is estranged in above diagnosis interval, and is disposed, property of acoustic wave in pipe is measured from sound pressure in pipe detected in these microphone , at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property.

[Claim 2]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 1 wherein; Said acoustic wave is generated at the full-fledged aide side of said diagnosis interval artificially, each disposes above microphone both ends around above diagnosis interval.

[Claim 3]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 1 wherein; A property of acoustic wave in said pipe is measured, if lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property at least, it is done case, and access transfer function in pipe is measured from sound pressure in pipe detected in above microphone, real number department and imaginary part k of access transfer function in this pipe are used, and, at a minimum, lay of above pipe arrangement broken part is calculated.

[Claim 4]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 1 wherein; A property of acoustic wave in said pipe is measured, if lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property at least, it is done case, and access impulse response function in pipe or cross-correlation function is measured from sound pressure in pipe detected in above microphone , at a minimum, lay of above pipe arrangement broken part is calculated from component due to reflected wave producing this instrumentation data in above pipe arrangement broken part in group.

[Claim 5]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 4 wherein; A property of acoustic wave in said pipe is measured, if lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property at least, it

is done case, and acoustic wave of single frequency activating primary resonance mode of pipe size direction fixed in aperture of above pipe arrangement in above diagnosis interval of above pipe arrangement is generated artificially.

[Claim 6]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 4 wherein; A property of acoustic wave in said pipe is measured, if lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property at least, it is done case, and resonance frequency of above pipe arrangement is identified, acoustic wave of this resonance frequency is generated artificially.

[Claim 7]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 1 wherein; A property of acoustic wave in said pipe is measured, if lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property at least, when it is done case, and above pipe arrangement is buried by subsurface, a subsurface cave point is estimated from resonance frequency produced by means of subsurface cave produced in perimeter of broken part, at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated.

[Claim 8]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 1 wherein; A pipe arrangement interior suffering from said diagnosis object uses gate seating action valve installed as above reflector in the event of empty aqueduct pipe for parenchyma by above aqueduct pipe, factor offered in evolution of artificial above acoustic wave and above microphone are disposed in above diagnosis interval through fire hydrant installed by above aqueduct pipe.

[Claim 9]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 8 wherein; In said fire hydrant, echo control factor controlling echo of sound in this fire hydrant is loaded.

[Claim 10]

Pipe arrangement diagnosis method; wherein; Fate, both ends of this diagnosis interval are partitioned off in reflector of sound in pipe arrangement suffering from diagnosis object between diagnosis wards, gas having appointed pressure is generated in above diagnosis interval, the emanation acoustic wave which occurred from pipe arrangement broken part by means of this gas pressure is detected in microphone of the couple which it is estranged in above diagnosis interval, and is disposed, property of acoustic wave in pipe is measured from sound pressure in pipe detected in these microphone, at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property.

[Claim 11]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 10 wherein; Said microphone is arranged both ends around said diagnosis interval respectively.

[Claim 12]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 10 wherein; A property of acoustic wave in said pipe is measured, if lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property at least, it is done case, and access transfer function in pipe is measured from sound pressure in pipe detected in above microphone, access transfer function in this pipe is used, and, at a minimum, lay of above pipe arrangement broken part is calculated.

[Claim 13]

Pipe arrangement diagnosis method; according to claim 10 wherein; A pipe arrangement interior suffering from said diagnosis object uses gate seating action valve installed as above reflector in the event of empty aqueduct pipe for parenchyma by above aqueduct pipe, part of factor generating above gas pressure in above diagnosis interval and above microphone are disposed in above diagnosis interval through fire hydrant installed by above aqueduct pipe.

[Claim 14]

Pipe arrangement diagnosis method; wherein; Fate, both ends of this diagnosis interval are partitioned

off in compartment body in pipe arrangement suffering from diagnosis object buried underground between diagnosis wards, gas having appointed pressure is generated in above diagnosis interval, emanation acoustic wave occurring from pipe arrangement broken part by means of this gas pressure is detected in emanation sound detection sensor through above pipe arrangement, and, at a minimum, surface of the earth jolt detection sensor of couple is disposed in grade, each removes hum sign without a relation in mutual correlation after treatment with sign provided in above emanation sound detection sensor from output signal of these surface of the earth jolt detection sensor, a jolt in ten city of the above emanation acoustic wave which the twin sign which passed through this after treatment is used, and reach grade is demanded, at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated from this jolt in ten city.

[Claim 15]

In; Apparatus for an interior to diagnose empty pipe arrangement substantially; Pipe arrangement diagnosis apparatus; wherein; The generation of acoustic wave measure which generates acoustic wave in the diagnosis interval which both ends are reflector of sound, and was partitioned off in pipe arrangement becoming diagnosis object artificially, The a pair of microphone which it is estranged in said diagnosis interval, and is disposed, These measure property of acoustic wave in pipe from sound pressure in pipe detected in microphone, a pipe arrangement broken part calculating means, at a minimum, to calculate lay of pipe arrangement broken part from measured property is comprised, and it is.

[Claim 16]

Pipe arrangement diagnosis apparatus; according to claim 15 wherein; Said pipe arrangement broken part calculating means measures access transfer function in pipe from sound pressure in pipe detected in said microphone, real number department and imaginary part k of access transfer function in this pipe are used, and, at a minimum, lay of above pipe arrangement broken part is calculated.

[Claim 17]

Pipe arrangement diagnosis apparatus; according to claim 15 wherein; Said pipe arrangement broken part calculating means measures access impulse response function in pipe or cross-correlation function from sound pressure in pipe detected in said microphone, at a minimum, lay of above pipe arrangement broken part is calculated from component due to reflected wave producing this instrumentation data in above pipe arrangement broken part in group.

[Claim 18]

Pipe arrangement diagnosis apparatus; according to claim 15 wherein; Said generation of acoustic wave measure generates acoustic wave of single frequency activating primary resonance mode of pipe size direction fixed in aperture of above pipe arrangement in said diagnosis interval of said pipe arrangement, an above pipe arrangement broken part calculating means measures access impulse response function in pipe or cross-correlation function from sound pressure in pipe detected in above microphone, at a minimum, lay of above pipe arrangement broken part is calculated from component due to reflected wave producing this instrumentation data in above pipe arrangement broken part in group.

[Claim 19]

Pipe arrangement diagnosis apparatus; according to claim 15 wherein; Said generation of acoustic wave measure identifies resonance frequency of said pipe arrangement, acoustic wave of this resonance frequency is generated in above diagnosis interval, an above pipe arrangement broken part calculating means measures access impulse response function in pipe or cross-correlation function from sound pressure in pipe detected in above microphone, at a minimum, lay of above pipe arrangement broken part is calculated from component due to reflected wave producing this instrumentation data in above pipe arrangement broken part in group.

[Claim 20]

Pipe arrangement diagnosis apparatus; according to claim 15 wherein; When said pipe arrangement is

buried underground, said pipe arrangement broken part calculating means estimates a subsurface cave point from resonance frequency produced by means of a hollow formed by perimeter of broken part, at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated.

[Claim 21]

In; Apparatus for an interior to diagnose empty pipe arrangement substantially; Pipe arrangement diagnosis apparatus; wherein; The gas pressure evolution measure which generates gas having appointed pressure in the diagnosis interval which both ends are reflector of sound, and was partitioned off in pipe arrangement becoming diagnosis object, Microphone of couple detecting the emanation acoustic wave which it is estranged in said diagnosis interval, and it is disposed, and occurred from pipe arrangement broken part by means of said gas pressure, These measure property of acoustic wave in pipe from sound pressure in pipe detected in microphone, a pipe arrangement broken part calculating means, at a minimum, to calculate lay of pipe arrangement broken part from measured property is comprised, and it is.

[Claim 22]

Pipe arrangement diagnosis apparatus; according to claim 21 wherein; Access transfer function in pipe is measured from sound pressure in pipe detected in said pipe arrangement broken part calculating means and said microphone, access transfer function in this pipe is used, and, at a minimum, lay of above pipe arrangement broken part is calculated.

[Claim 23]

In; Apparatus for an interior to diagnose empty pipe arrangement substantially which is buried underground; Pipe arrangement diagnosis apparatus; wherein; The gas pressure evolution measure which generates pneumatics in the diagnosis interval that both ends were partitioned off by means of partition body in pipe arrangement becoming diagnosis object, The emanation sound detection sensor which detects emanation acoustic wave occurring from pipe arrangement broken part by means of said gas pressure through above pipe arrangement, The at least a pair of surface of the earth jolt detection sensor which are disposed by grade, The measure which removes hum sign without a relation in mutual correlation after treatment with sign provided in said emanation sound detection sensor from output signal of these surface of the earth jolt detection sensor respectively, A jolt in ten city of above emanation acoustic wave reaching grade by means of the twin sign which passed through treatment by this measure is demanded, a pipe arrangement broken part calculating means, at a minimum, to calculate lay of pipe arrangement broken part from this jolt in ten city is comprised, and it is.

[Claim 24]

An arrangement with pipe arrangement; wherein; The main body of arrangement comprising various pipe arrangement, The compartment measure which partitions off diagnosis interval and both ends in reflector of sound in pipe arrangement becoming diagnosis object, The generation of acoustic wave measure which generates acoustic wave in diagnosis interval partitioned off in this measure artificially, The a pair of microphone which it is estranged in said diagnosis interval, and is disposed, These measure property of acoustic wave in pipe from sound pressure in pipe detected in microphone, a pipe arrangement broken part calculating means, at a minimum, to calculate lay of pipe arrangement broken part from measured property, A management means to make said compartment measure and said sound generator measure and an above pipe arrangement broken part calculating means are used, and carry out pipe arrangement broken part probe action so that appointed time gets up is comprised, and it is.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[TECHNICAL FIELD OF THE INVENTION]

The present invention relates to pipe arrangement diagnosis method which established the principal objective to investigating a break-down point of pipe arrangement, pipe arrangement diagnosis apparatus and pipe arrangement arrangement belonging to.

[0002]

[PRIOR ART]

Like common knowledge, Many of aqueduct conduit run are buried underground. Because of this, When aqueduct pipe was damaged by means of earthquake, it is very difficult that probe ensures the broken part that is a leakage point, and it is with factor delaying early stage reinstatement.

[0003]

In a place, There are things using alteration such as a thing, hydraulic pressure, gas, air, sound, discharge using a thing using a probe radar for art investigating a leakage point of such an aqueduct pipe out of the ground, TV camera.

[0004]

However, Because these art is not the things which assumed earthquake accident, there are many things which, by way of example only, cannot be applied to in earthquake accident.

[0005]

In other words, The reason is because there is constraint condition as shown in the following in earthquake accident.

[0006]

(1) It is probe in an empty pipe condition without aqua inside.

[0007]

It is different from normal conduit run break-down happening in anticorrosion in dimensions at the time of suffering, and aqua is in a condition of sky pipe without blow down, aqua at a stretch from a break-down point.

[0008]

(2) As well as presence of break-down, it must be investigated to lay of a break-down point.

[0009]

(3) The number of as possible a little measuring point.

[0010]

Crack / faulting is enacted in grade, when instrumentation from grade is difficult, there is. (4) Short measurement time (to establishment / instrumentation / demobilization).

[0011]

(5) Addition arrangement of fewest *gen*.

[0012]

(6) It is small and light.

[0013]

(7) Effect of a puddle in local pipe by pipe arrangement upper and lower undulation department is consideration, too.

[0014]

(8) What can be applied to bifurcation as well as straight pipe.

[0015]

Because there is such a constraint condition, because, by way of example only, in this technique, it is measured from grade when a thing using conventional underground probe radar is taken as example, (3) It is difficult to satisfy *no* condition, and a change of bed influences, it is difficult to estimate a break-down point in the underground. On the other hand, Air is injected in pipe arrangement, when the art which investigated break-down from alteration of air capacity was taken as example, break-down was

only the art which investigated the presence that there was in the interval this to the last, and the specify of break-down lay was impossible.

[0016]

At the time of Great Hanshin Earthquake, aqua is poured into the aqueduct pipe which was in a condition of empty pipe instead of air, it makes leak water daringly from a break-down point, while an investigator listens to leakage acoustic wave created by means of it all over the ground from the surface of the earth, the method which investigated a leakage point was picked.

[0017]

However, In this approach, time and labor were needed in emergency for reasons of cannot but pick mass demonstration tactics aqua was put in thing in need of aqua, the investigator who was an expert of whom only leakage sound was heard from ambient environment noise, and was divided being requirement, aqueduct pipe of nothing one, and to listen to sound. In addition, There is art pouring smoke and helium gas, but, there is not despite being just right from safety face, hygiene face for pipe arrangement such as for example aqueduct pipe.

[0018]

[PROBLEM TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

Like statement above, It was bought whether pipe arrangement to intend for was predetermined pressure in prior art:, it must be filled with water, and presence of break-down is understood, but, calculation is impossible to a break-down point, and it is hung from grade for several hours to find to a break-down point, and it must be measured, and time is needed in preparation, and there is much constraint condition, there was the issue which cannot be applied to in earthquake accident.

[0019]

In there, It is for the purpose of providing pipe arrangement diagnosis method which the pipe arrangement that the present invention intends for can begin to find lay of the break-down point that there is in pipe arrangement in the case of empty pipe in a little measuring point number in a short time, pipe arrangement diagnosis apparatus and pipe arrangement arrangement belonging to.

[0020]

[MEANS TO SOLVE THE PROBLEM]

In pipe arrangement diagnosis method concerning the first invention of the present invention, fate, both ends of this diagnosis interval are partitioned off in reflector of sound in the pipe arrangement that it is in diagnosis object between diagnosis wards to achieve the object, acoustic wave is generated in the diagnosis interval artificially, this acoustic wave is detected in microphone of the couple which it is estranged in the diagnosis interval, and is disposed, property of acoustic wave in pipe is measured from sound pressure in pipe detected in these microphone, at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property.

[0021]

In addition, When an approach concerning the first invention is adopted, the acoustic wave is generated at the full-fledged aide side of the diagnosis interval artificially, it is desirable for both ends around diagnosis interval that each disposes the microphone.

[0022]

In addition, When an approach concerning the first invention is adopted, property of acoustic wave in the pipe is measured, if, at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property, it saishi, and access transfer function in pipe is measured from sound pressure in pipe detected in the microphone, real number department and imaginary part k of access transfer function in this pipe are used, and lay of the, at a minimum, pipe arrangement broken part may be calculated, and access impulse response function in pipe or cross-correlation function is measured from sound pressure in pipe

detected in the microphone, lay of the, at a minimum, pipe arrangement broken part may be calculated from component due to reflected wave producing this instrumentation data in the pipe arrangement broken part in group. In addition, When the latter is adopted, acoustic wave of single frequency activating primary resonance mode of pipe size direction fixed in aperture of the pipe arrangement in the diagnosis interval of the pipe arrangement may be generated artificially, and resonance frequency of the pipe arrangement is identified to a countersunk head, acoustic wave of this resonance frequency may be generated artificially.

[0023]

In addition, When an approach concerning the first invention is adopted, a pipe arrangement interior becoming the diagnosis object uses gate seating action valve installed as the reflector in the event of empty aqueduct pipe for parenchyma by the aqueduct pipe, it is desirable for evolution of the artificial acoustic wave to dispose offered factor and the microphone in the diagnosis interval through fire hydrant installed by the aqueduct pipe. For this case, In the fire hydrant, it is desirable to load echo control factor preventing echo of sound in this fire hydrant.

[0024]

In pipe arrangement diagnosis method concerning the second invention of the present invention, fate, both ends of this diagnosis interval are partitioned off in reflector of sound in the pipe arrangement that it is in diagnosis object between diagnosis wards to achieve the object, gas pressure having appointed pressure is generated in the diagnosis interval, the emanation acoustic wave which occurred from pipe arrangement broken part by means of this gas pressure is detected in microphone of the couple which it is estranged in the diagnosis interval, and is disposed, property of acoustic wave in pipe is measured from sound pressure in pipe detected in these microphone, at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property.

[0025]

In addition, When an approach concerning this the second invention is adopted, it is desirable for both ends around diagnosis interval that each disposes the microphone.

[0026]

In addition, When an approach concerning the second invention is adopted, a property of acoustic wave in pipe is measured, if, at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated from measured property, it is done case, and access transfer function in pipe is measured from sound pressure in pipe detected in the microphone, preferred access transfer function in this pipe is used, and calculating lay of the, at a minimum, pipe arrangement broken part.

[0027]

In addition, When an approach concerning the second invention is adopted, a pipe arrangement interior becoming the diagnosis object uses gate seating action valve installed as the reflector in the event of empty aqueduct pipe for parenchyma by the aqueduct pipe, it is desirable to dispose part of factor generating gas pressure in the diagnosis interval and the microphone in the diagnosis interval through fire hydrant installed by the aqueduct pipe.

[0028]

Fate, both ends of this diagnosis interval are partitioned off in compartment body in the pipe arrangement that it is in diagnosis object buried in pipe arrangement diagnosis method concerning the third invention of the present invention by subsurface between diagnosis wards to achieve the object, gas having appointed pressure is generated in the diagnosis interval, emanation acoustic wave occurring from pipe arrangement broken part by means of this gas pressure is detected in emanation sound detection sensor through the pipe arrangement, and, at a minimum, surface of the earth jolt detection sensor of couple is disposed in grade, each removes hum sign without a relation in mutual correlation aftertreatment with sign provided in the emanation sound detection sensor from output signal of these surface of the earth jolt detection sensor, a jolt in ten city of the emanation acoustic wave which the twin

sign which passed through this aftertreatment is used, and reach grade is demanded, at a minimum, lay of pipe arrangement broken part is calculated from this jolt in ten city.

[0029]

Pipe arrangement diagnosis apparatus concerning invention of the fourth of to achieve in above object present invention comprises generation of acoustic wave measure to generate in artificially in diagnosis interval partitioned off in reflector of the pipe arrangement which it is in diagnosis object both ends sound acoustic wave, microphone of the couple which it is estranged in diagnosis interval, it is disposed and a pipe arrangement broken part calculating means to calculate in lay of, at a minimum, from the property which it is measured in property of acoustic wave in sound pressure in pipe detected in these microphone pipe, it is measured pipe arrangement broken part.

[0030]

In addition, In pipe arrangement diagnosis apparatus concerning this the fourth invention, pipe arrangement broken part calculation formula assuming that it can be adopted in pipe arrangement diagnosis method concerning the first invention, generation of acoustic wave measure range can adopt establishment formula of microphone.

[0031]

Pipe arrangement diagnosis apparatus concerning invention of the fifth of to achieve in above object present invention comprises gas pressure evolution measure to generate in gas having pressure to be appointed in diagnosis interval partitioned off in reflector of the pipe arrangement which it is in diagnosis object both ends sound, microphone of couple to detect in the emanation acoustic wave which it occurred from gas pressure pipe arrangement broken part and a pipe arrangement broken part calculating means to calculate in lay of, at a minimum, from the property which it is measured in property of acoustic wave in sound pressure in pipe detected in these microphone pipe, it is measured pipe arrangement broken part.

[0032]

In addition, In pipe arrangement diagnosis apparatus concerning this the fifth invention, pipe arrangement broken part calculation formula assuming that it can be adopted in pipe arrangement diagnosis method concerning the second invention, generation of acoustic wave measure range can adopt establishment formula of microphone.

[0033]

Pipe arrangement diagnosis apparatus concerning invention of the sixth of to achieve in above object present invention comprises gas pressure evolution measure to generate in gas having pressure to be appointed in diagnosis interval partitioned off by means of the pipe arrangement which it is in diagnosis object both ends compartment body, emanation sound detection sensor to detect through pipe arrangement in emanation acoustic wave to occur from gas pressure pipe arrangement broken part, surface of the earth jolt detection sensor of it is disposed in grade, at a minimum, couple, measure to remove hum sign without sign provided in emanation sound detection sensor from output signal of these surface of the earth jolt detection sensor relation mutual correlation aftertreatment each and a pipe arrangement broken part calculating means to calculate in lay of, at a minimum, from a ten city in jolt this pipe arrangement broken part.

[0034]

An arrangement with pipe arrangement concerning the seventh invention of the present invention comprises arrangement body comprising various pipe arrangement, compartment measure partitioning off diagnosis interval and both ends in reflector of sound in the pipe arrangement that it is in diagnosis object, generation of acoustic wave measure generating acoustic wave in diagnosis interval partitioned off in this measure artificially, microphone of the couple which it is estranged in the diagnosis interval, and is disposed, a pipe arrangement broken part calculating means, at a minimum, to calculate lay of pipe arrangement broken part from the property which property of acoustic wave in pipe is measured,

and is measured by sound pressure in pipe detected in these microphone, and the management means to make it is partitioned off, and measure and the sound generator measure and the pipe arrangement broken part calculating means are used, and carry out pipe arrangement broken part probe action so that appointed time gets up.

[0035]

[MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION]

As follows, An embodiment of invention is explained when read in conjunction with the accompanying drawings.

[0036]

A conception diagram when break-down lay of subsurface undergrounding aqueduct pipe becoming empty pipe for earthquake accident is investigated with pipe arrangement diagnosis apparatus 11 concerning the first embodiment of the present invention is shown in FIG. 1.

[0037]

In other words, In the figure above, 1 shows aqueduct pipe buried underground, 2 shows grade, 3a, 3b show fire hydrant connected to aqueduct pipe 1, 4a, 4b show a metal gate-valve.

[0038]

When pipe arrangement that is aqueduct pipe is diagnosed by means of pipe arrangement diagnosis apparatus 11, at first aqueduct pipe 1 that it is chosen as diagnosis object, diagnosis interval 5 is set to aqueduct pipe 1 chosen next. Control set of this diagnosis interval 5 is done by means of closing gate-valve 4a, 4b. In other words, The division which is located between gate-valve 4a and 4b in aqueduct pipe 1 becomes diagnosis interval 5. Gate-valve 4a, lay to arrange of 4b are usually described by aqueduct pipe undergrounding geographical map. Therefore, Distance of tube axis direction of diagnosis interval 5 can be known from these. Of course, It is measured, and it can be known.

[0039]

In this way, If diagnosis interval 5 was set, fire hydrant 3a, 3b connected between in a neighborhood of gate-valve 4a, 4b and gate-valve 4a, 4b are chosen. And, Valves installed in fire hydrant 3a, head of 3b are detached, and it is done only to a drum trunk.

[0040]

Next, For the case this example, small loud speaker 12 and small microphone 13 are disposed in aqueduct pipe 1 through a drum trunk of fire hydrant 3a. In addition, Small microphone 14 is disposed in aqueduct pipe 1 through a drum trunk of fire hydrant 3b.

[0041]

And, Input end of loud speaker 12 is connected to loud speaker drive assembly 15, A/D converter 16a, 16b are gone through, and output end of microphone 13,14 is input into access transfer function measuring device 17, horsepower of this access transfer function measuring device 17 is introduced into pipe arrangement broken part calculation apparatus 18. In addition, In this particular example, in each fire hydrant 3a, a drum trunk of 3b, echo control materials 19 preventing echo of sound in this drum trunk is filled.

[0042]

Diagnosis interval 5 partitioned off by means of gate-valve 4a, 4b which, in this particular example, diagnosis object can treat as hard wall namely complete reflecting wall for sound in aqueduct pipe 1 that it is set so that it is found from the assembling, loud speaker 12 is interposed in this diagnosis interval 5, and artificial acoustic wave is generated. Then, Sound pressure in diagnosis interval 5 is measured by means of microphone 13,14 which it is estranged in diagnosis interval 5, and disposed, access transfer function is measured from sign between two points, from way of travelling of acoustic wave in diagnosis interval 5, in 13,14 ken two microphone , at a minimum, lay of break-down point B is calculated. In

addition, Bulk of broken part B (configuration) can be known by determination if necessary.

[0043]

When there is break-down point B, it is compared in the case of healthy pipe arrangement, and measured value varies from to because there is reflected wave there.

[0044]

For situation of break-down generated to aqueduct pipe 1 in earthquake accident, crack 20 produces in lap direction of aqueduct pipe 1 as shown in FIG. 2 (a), and bifurcation 21 connected to aqueduct pipe 1 as shown in FIG. 2 (b) compromises from bottom, and aperture 22 for bifurcation aperture opens, and aqueduct pipe 1 is cut as shown in FIG. 2 (c) by complete, the condition that earth 24 leaves *kabu* to the cutting plane 23 is thought about.

[0045]

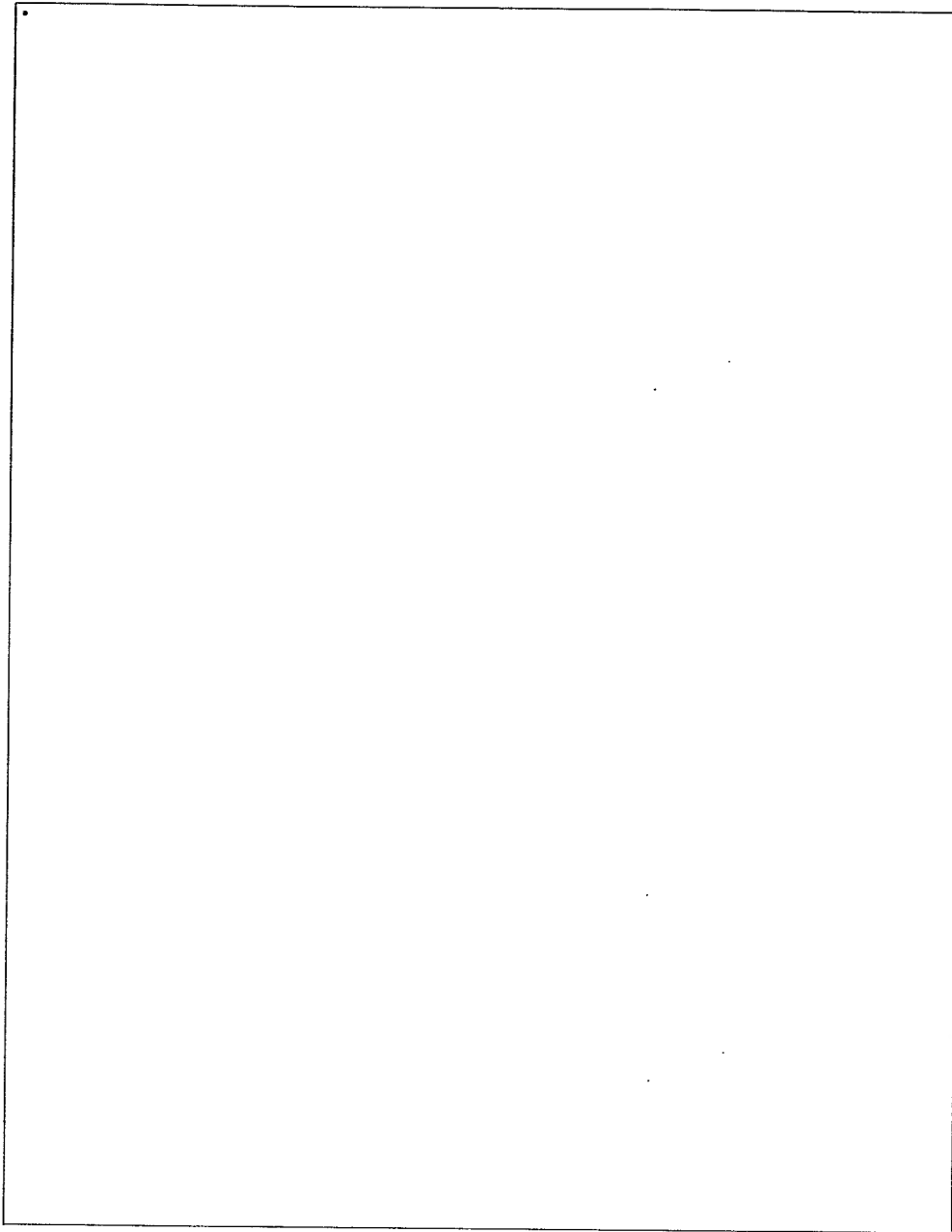
Is not controlled air of a pipe arrangement interior as for the acoustic wave to treat in this apparatus by class of pipe wall by being reaching plane wave (boundary frequency to spread in pipe arrangement as plane wave is fixed in pipe size) and even if there is obstruction such as an irregularity or earth of a pipe arrangement interior or even if pipe arrangement is the configuration which seems to undulate up and down or even if, in addition, it is situation of what *re* shown in FIG. 2, lay of a break-down point can be calculated.

[0046]

Now, As shown in FIG. 3, length of tube axis direction of diagnosis interval 5 is done with L, when there was aperture of rad a in pipe wall of L₂ no lay Z from right-side end wall of L₁, diagnosis interval 5 from left edge wall of diagnosis interval 5, left edge wall of diagnosis interval 5, sound pressure B₁, B₂ of right-side end wall of diagnosis interval 5 and particle velocity U₁, U₂ *ha* seem to become equal to or less than.

[0047]

[EQUATION 1]



[0048]

This equation (2) σ signal processing distance $L_2 \sigma$ which is fixed in lay Z of aperture by doing is calculated.

[0049]

L_2 no calculation method is explained concretely.

[0050]

(1) When inverse fourier did imaginary part k, for example, for the case inverse fourier , as shown in FIG. 4, two peak appears. $L_2 \sigma$ can count backward by substituting known pipe arrangement chief L because the second peak is the break-down point L_2 peak that it is similar, and i was kept.

[0051]

Result provided using experiment arrangement having the release access which dug up break-down

aperture of aperture 80cm, the outside circumference 1m of break-down aperture is shown in lay of 5m in FIG. 5 from diagnosis interval $L = 12\text{m}$, left edge wall of diagnosis interval.

[0052]

Observation data of real number region of access transfer function in pipe, FIG. 5 (b) are observation data of imaginary part k of access transfer function in pipe, and FIG. 5 (a) is equivalent to equation (2). It can be separated from in peak fixed by means of distance L_2 to of peak and pipe arrangement chief L and the break-down aperture lay which are fixed only in FIG. 5 (with e) (f), pipe arrangement chief L when inverse fourier does FIG. 5 (with c) (d), imaginary part k when inverse fourier does real number region, two peak is calculated.

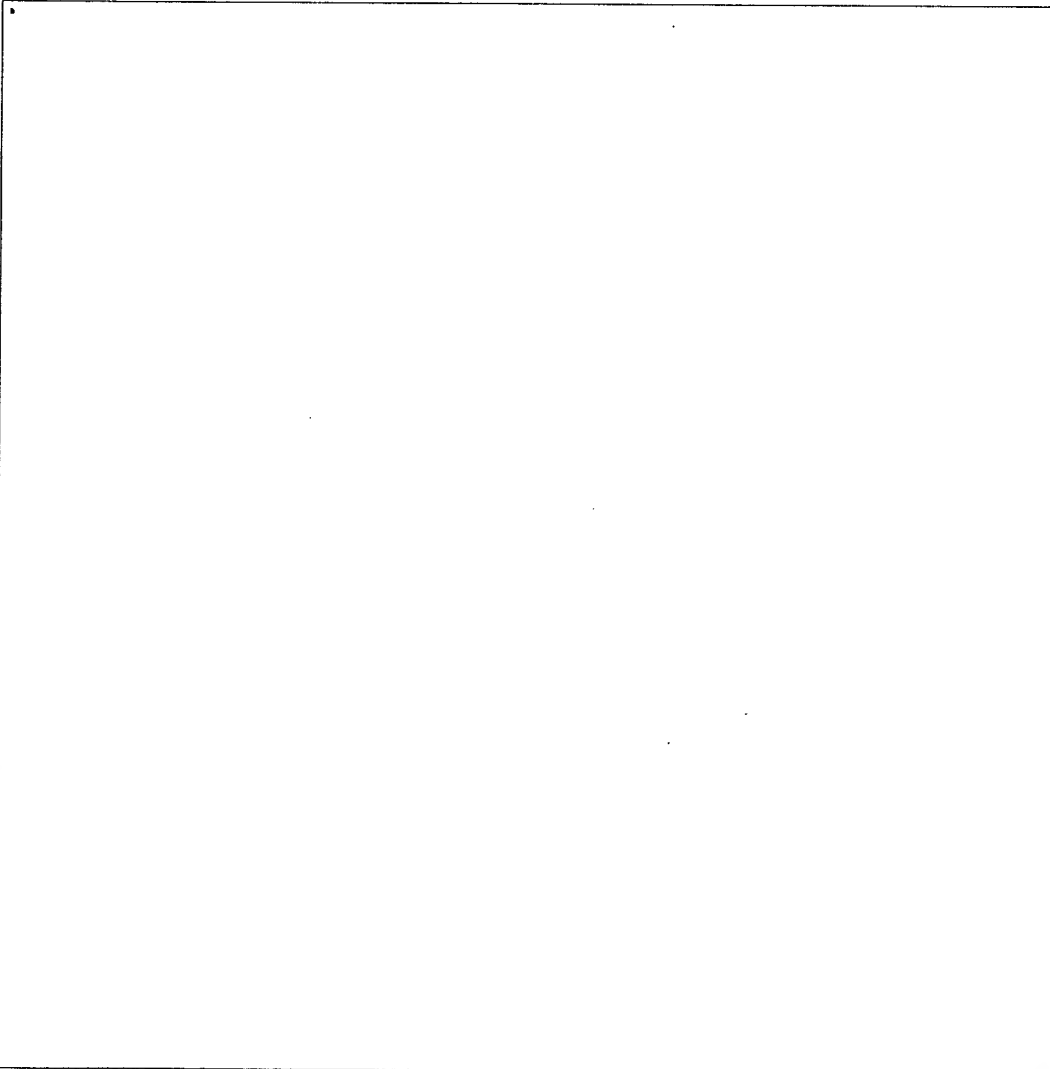
[0053]

Pipe arrangement length L is supposed by a thing by the chief that peak of the former lays pipes from a known thing and easy, break-down aperture lay can be counted backward from numerical value of the axis of abscissa which peak of balance appeared. In addition, Bulk of peak, equation (2) Break-down dimensions gets possible to be supposed from a pair of swords of bulk of peak qualitatively by varying from to by configuration of break-down aperture, bulk more. In addition, FIG. 5 (g) (h), FIG. 5 (e) (f), axis of abscissa were divided by pipe arrangement length L , and it was normalized.

[0054]

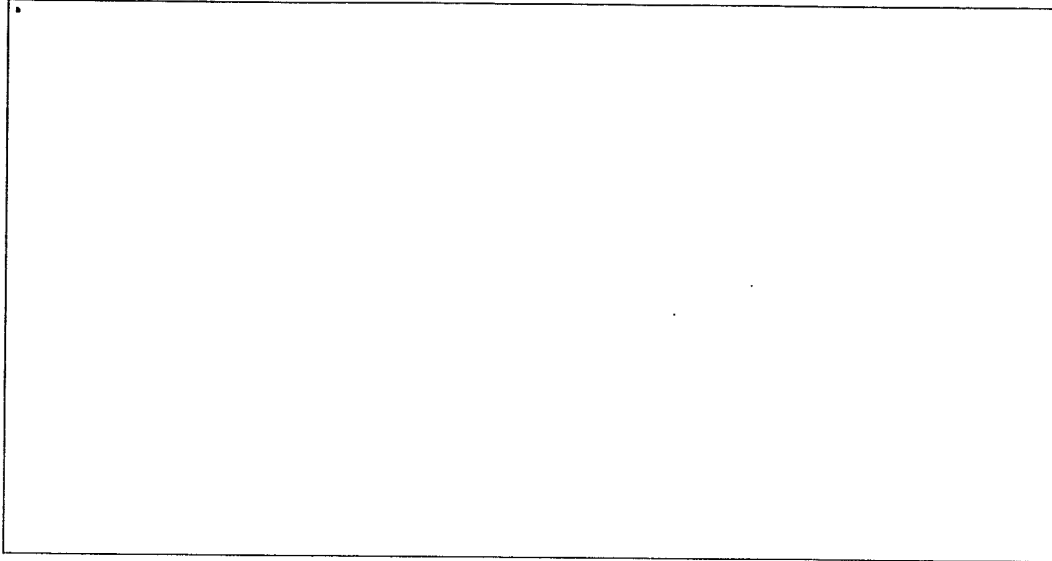
(2) It is calculated same as perpendicular condition

[EQUATION 2]



[0055]

[EQUATION 3]



[0056]

x is changed, B in changed condition (x) is calculated once once. When graph of $B(x)$ is made in x , axis of ordinate in axis of abscissa, $x=0$, $x=L_2$ to satisfy perpendicular condition when it was, it is in zero besides durability, it in value $B(x)$. When, from doing thing that pipe arrangement length L was clear as for owning value with natural, $x=0$ from a known thing, value was had besides $x \uparrow$, 0 , x at that time lays pipes, and it is damaged and is located. $x=L_2$ *ga* is damaged and, in that case of the above, it is located.

[0057]

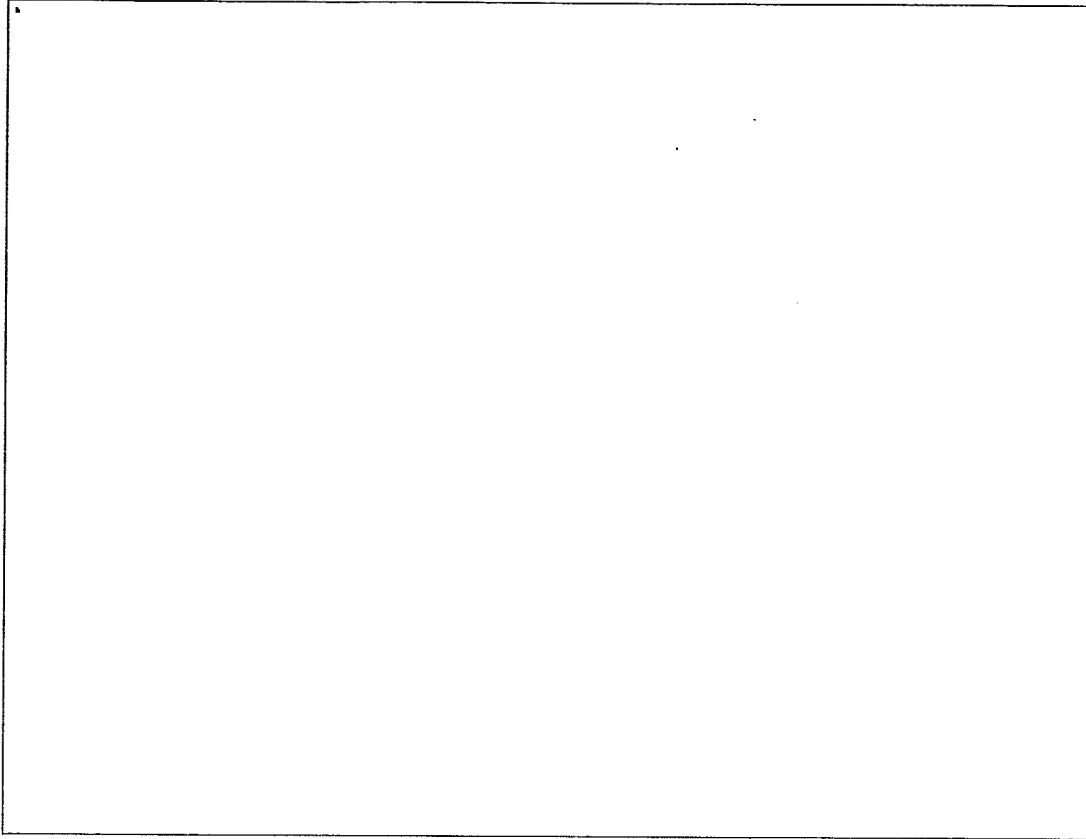
In addition, When, as shown in FIG. 1, loud speaker 12 and microphone 13,14 are disposed in pipe arrangement through fire hydrant 3a, a drum trunk of 3b, because a drum trunk can be considered to be bifurcation, way of travelling of sound varies from to by means of condition of head of the bifurcation. Even if, as shown in FIG. 6, a point of bifurcation is closed, sound propagation varies from to by means of length L_a of branch connection.

[0058]

When there are two fire hydrant 3a, 3b as sound propagation road, equation (2) Sound pressure, equation of particle velocity become complicated in comparison with the straight pipe type which it appears, and hyoshi as follows.

[0059]

[EQUATION 4]



[0060]

Therefore, When bifurcation that is echo control materials 19 preventing echo of sound in fire hydrant 3a, a drum trunk of 3b is filled, and access is lost as shown in FIG. 1, model can be made simply.

[0061]

Pipe arrangement diagnosis apparatus 11a concerning the second embodiment of the present invention is shown in FIG. 7. In this illustration, the functional units same as FIG. 1 are shown in the same character. Therefore, Account of repeating division is omitted.

[0062]

In apparatus shown in FIG. 1, break-down lay is calculated from access transfer function in pipe, but , in apparatus concerning this example, A/D converter 16a, horsepower of 16b are introduced into cross-correlation function measuring device 25 or impulse response function measuring device 26, it makes horsepower of these measuring device is introduced into pipe arrangement broken part calculation apparatus 27, and calculate break-down lay.

[0063]

In other words, Pipe arrangement having diagnosis interval 5 as shown in FIG. 8, it is in tee P₁ *noyou* out of FIG. 9 (a) timing to receive at the same left edge (receipt of letter time) when it makes, by way of example only, send acoustic wave (plane wave) in aqueduct pipe 1 from the left edge of diagnosis interval 5. From receiving the acoustic wave which the beginning reflects back receipt of letter time 0 in pipe arrangement broken part Z then subsequently because acoustic wave dispatch lay and a destination location are approximately equal, and come back, that time, $2L_1/C$ (C: It is acoustic velocity) spreading in air. The acoustic wave reflects back next at the left edge, it is the acoustic wave which it is reflected back in pipe arrangement broken part again, and come back. It is the acoustic wave which the next reflects back in the right-side end of diagnosis interval 5, and return. It dies in time of acoustic

wave to receive in the right-side end carelessly, and tee P₂ *noyou* is become out of FIG. 9 (a).

[0064]

Therefore, Because, by mutual correlative aftertreatment, acoustic wave time of concentration difference between two points as shown in FIG. 10 ($\nabla \phi$ tee = tee P₂ -TP₁) can be observed, lay of pipe arrangement broken part can be counted backward from time difference depending upon pipe arrangement broken part.

[0065]

In pipe arrangement diagnosis apparatus 11a concerning this example, the time $\nabla \phi$ tee is measured by cross-correlation function (or, impulse response function), it makes calculate lay of pipe arrangement broken part B by means of this.

[0066]

In addition, Lt, La, L get possible to determine time difference depending upon pipe arrangement broken part from a known thing about pipe arrangement having branch connection as shown in FIG. 11, it counts backward, and lay of pipe arrangement broken part can be calculated.

[0067]

Pipe arrangement diagnosis apparatus 11b concerning the third embodiment of the present invention is shown in FIG. 12. In this illustration, FIG. 1 and the functional units same as FIG. 7 are shown in the same character. Therefore, Account of repeating division is omitted.

[0068]

In apparatus 11b concerning this example, primary resonance mode in pipe fixed in aperture of pipe arrangement of diagnosis interval 5 that is aqueduct pipe 1 from loud speaker 12 generates acoustic wave of the single frequency which excels in. In comparison with normal pipe arrangement without break-down, because symmetry collapses when there is break-down, it depends, and it is easy to come to oscillate, the mode appears more conspicuously than normal time.

[0069]

In the one's area of jurisdiction, standing wave is dominant by a resonance phenomenon, but, because symmetry collapsed, an outcome, the wave reflect back progressive wave component in pipe arrangement broken part. In there, Former basic principle is obeyed in apparatus 11b concerning this example, and lay of pipe arrangement broken part is calculated by mutual correlation aftertreatment.

[0070]

In technique shown in FIG. 12 in FIG. 13, the tested result which a diameter uses pipe arrangement having break-down aperture of 5cm, and calculate lay of pipe arrangement broken part is shown in lay of L₁ =3m from diagnosis interval 12m, aperture 60cm, the left edge of diagnosis interval.

[0071]

Experiment method is as follows.

[0072]

(1) The single frequency which primary resonance mode excels in is generated from one, access transfer function between two points of both sides is measured, inverse fourier does this, impulse response function of temporal axis is calculated.

[0073]

(2) From time of concentration of the reflected wave which appeared in existence of break-down aperture lay, break-down aperture lay (L₁) is calculated.

[0074]

In FIG. 13, X is reflected wave from the right-side end of diagnosis interval, and Y is reflected wave from break-down aperture. When time to Y assumed acoustic velocity 340m/s for 18.1 milliseconds, with

$L_1 = 3.07\text{m}$, right was able to almost calculate lay of a break-down aperture point.

[0075]

In addition, Although primary resonance mode in pipe is pipe size, and it is fixed, aperture varies from to on the way, and a one's area of jurisdiction transforms real pipe arrangement by secular change, and effect of branch connection in the way is received, and there is when just primary resonance mode cannot be calculated by calculation.

[0076]

As thus described when information of pipe arrangement is unknown, resonance frequency equivalence apparatus 28 is established as shown in two points of chain line within FIG. 12, till a one's area of jurisdiction sympathizes, frequency of acoustic wave is changed, frequency when it sympathized is identified. And, If acoustic wave is generated in the frequency some other time, and, at a minimum, by means of technique of following similar, lay of pipe arrangement broken part is calculated, it is preferable.

[0077]

In addition, Because water gushes out, at the time of suffering of earthquake, it is known to break-down point circumference at the point where a breakage is intense that it is possible for cave 30 as shown in FIG. 14 (a). In acoustic model, cave 30 can be treated for resonance articulator 31 as shown in FIG. 14 (b). Therefore, If the resonance frequency which depended upon dimension of this resonance articulator 31 appeared, it is found that cave 30 produces. By this, Damaged data is understood. Lay of a resonance articulator gets possible to be calculated by adding to the transfer matrix model who explained this resonance articulator model first, lay of a break-down point can be counted backward.

[0078]

Pipe arrangement diagnosis apparatus 11c concerning the fourth embodiment of the present invention is shown in FIG. 15. In this illustration, the functional units same as FIG. 1 are shown in the same character. Therefore, Account of repeating division is omitted.

[0079]

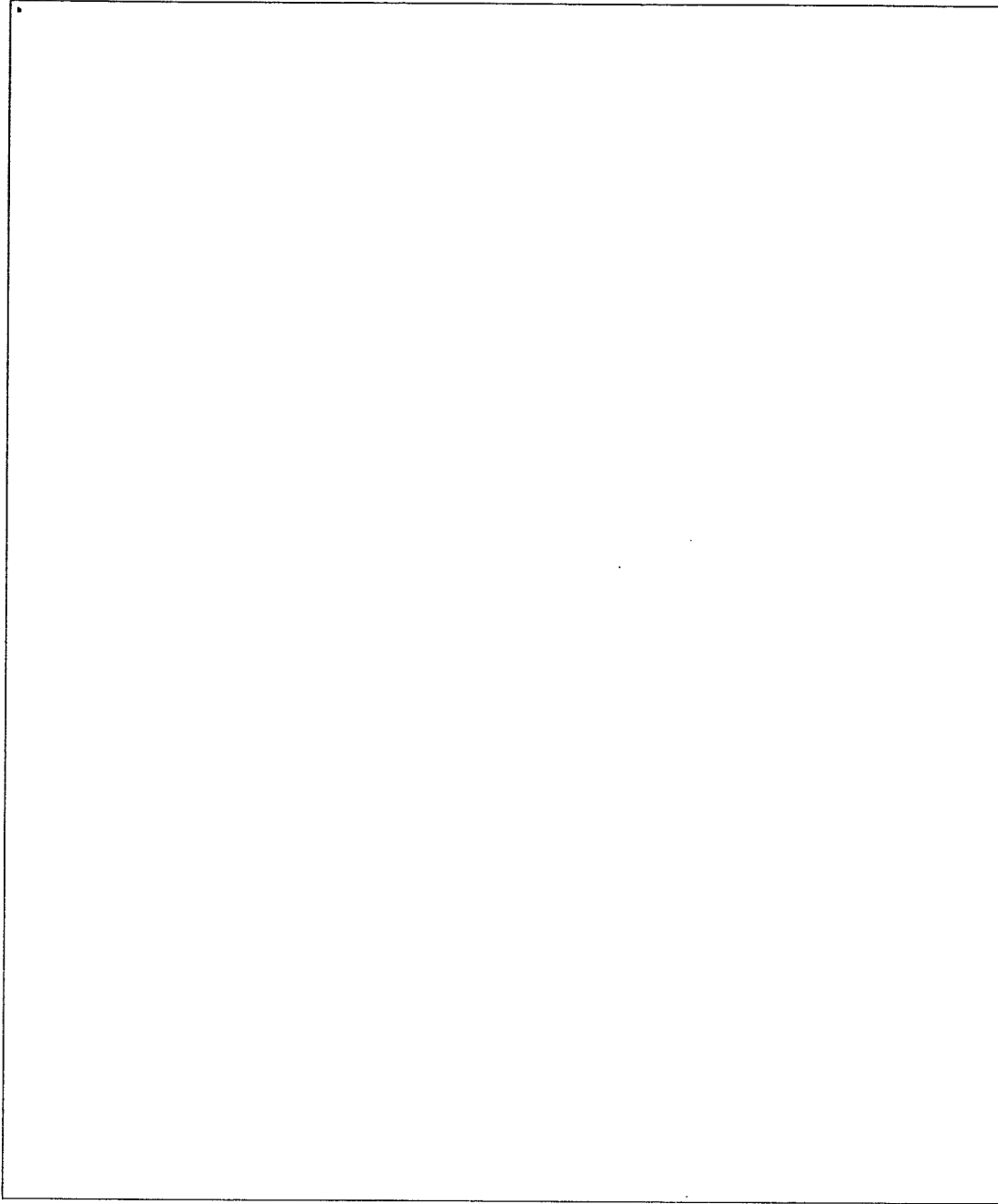
In each former example, acoustic wave is generated in diagnosis interval 5, but, in this particular example, instead of acoustic wave, pneumatics is poured with pneumatics injecting apparatus 32 in diagnosis interval 5, it makes pipe arrangement broken part B form imagination sound source by means of this impregnation.

[0080]

When this virtual sound source is used, sound pressure P_1 , P_2 , particle velocity U_1 , U_2 of right and left end of diagnosis interval 5 shown in FIG. 16 can be demanded from the following equation. Lay L_1 of pipe arrangement broken part B can count backward in these being calculated as lay L_1 no function of pipe arrangement broken part B.

[0081]

[EQUATION 5]



[0082]

In apparatus shown in FIG. 15, branch connection and pipe arrangement undergrounding condition, pipe arrangement dimension need a known thing, but, there is branch connection, even if the number, an existence point, branch connection dimension are unfamiliarity, comparable can easily calculate lay of pipe arrangement broken part B.

[0083]

By way of example only, As shown in FIG. 17, there are branch connection 33a, 33b and even if the branch connection 33a, 33b leave both ends, as far as known distance of 13,14 ken microphone of 2 to measure sound pressure of the imagination sound source which it is at a break-down point in pipe, and came, it is found propagation time difference from cross-correlation function to two microphone 13,14, it can count backward in lay of break-down point B. This is a correlation method to use in so-called

normal leakage detection, but, pipe seed is important, and a leakage point gets impossible to be estimated by intending for acoustic wave reaching pipe wall in that case of leakage detection when pipe seed is unknown, but, it is big advantage that is not controlled air in tube in pipe seed in technique shown in FIG. 15 by intending for reaching acoustic wave.

[0084]

When the acoustic velocity which a time difference tee and connection with lay of break-down point B calculated by mutual correlative aftertreatment and impulse response function reach in air is done with C, it is in equation equal to or less than.

[0085]

$t_1 = L_1 / C$, $t_2 = L_2 / C$, $t_1 - t_2$... (9) Pipe arrangement diagnosis apparatus 11d concerning the fifth embodiment of the present invention is shown in FIG. 18. In this illustration, the functional units same as FIG. 15 are shown in the same character. Therefore, Account of repeating division is omitted.

[0086]

If it is with the sound source that pipe arrangement break-down point B is new by pneumatics impregnation to diagnosis interval 5, this acoustic wave goes through the underground, and the surface of the earth is reached. Therefore, Lay of pipe arrangement broken part B can be identified by measuring an in ten city of this acoustic wave (direction of flow of radiant energy of acoustic wave) on the surface of the earth. This apparatus 11d adopts the principle.

[0087]

In this apparatus 11d, emanation sound detection sensor 34 which, by way of example only, detect emanation acoustic wave occurring from pipe arrangement broken part B by means of impregnation of pneumatics on gate-valve 4a through aqueduct pipe 1 is established, and, at a minimum, dislodging establishes surface of the earth jolt detection sensor 35a of couple, 35b in a *thing* of aqueduct pipe 1 in consonance with path to arrange on in grade freely. And, Hum sign without a relation is removed in mutual correlation processing unit 36a, 36b with sign provided with emanation sound detection sensor 34 from surface of the earth jolt detection sensor 35a, output signal of 35b, a jolt in ten city of the emanation acoustic wave which the twin sign which passed through this aftertreatment is used, and reach grade is demanded with operational equipment 37, it makes calculate lay of pipe arrangement broken part B with pipe arrangement broken part calculation apparatus 38 from a jolt in ten city demanded from. In addition, Out of FIG. 18, 39 shows seal elements preventing air leakage.

[0088]

In addition, As for each example, diagnosis intends for aqueduct pipe buried underground, when earthquake accident was met with, there is *de* about the method which it is put, and diagnose and apparatus, but, the diagnosis apparatus, diagnosis apparatus using technique of sound particularly will be always installed in arrangement comprising various pipe arrangement (plant), the arrangement assembling which this diagnosis apparatus is operated in management system so that uniformity time gets up, and was able to diagnose pipe arrangement regularly may be adopted.

[0089]

[EFFECT OF THE INVENTION]

As discussed above, According to the current invention, for example, empty pipe can contribute to *yoika* of break-down lay probe activity of the pipe arrangement which was in a condition in earthquake accident.

[BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS]

[FIG. 1]

Outline block diagram of pipe arrangement diagnosis apparatus concerning the first embodiment of the present invention

[FIG. 2]

Figure to show example of the pipe arrangement break-down which is easy to happen in earthquake accident in

[FIG. 3]

Figure to explain action of the apparatus

[FIG. 4]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 5]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 6]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 7]

Outline block diagram of pipe arrangement diagnosis apparatus concerning the second embodiment of the present invention

[FIG. 8]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 9]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 10]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 11]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 12]

Outline block diagram of pipe arrangement diagnosis apparatus concerning the third embodiment of the present invention

[FIG. 13]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 14]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 15]

Outline block diagram of pipe arrangement diagnosis apparatus concerning the fourth embodiment of the present invention

[FIG. 16]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 17]

Figure to explain break-down lay calculation action by the apparatus

[FIG. 18]

Outline block diagram of pipe arrangement diagnosis apparatus concerning the fifth embodiment of the present invention

[DENOTATION OF REFERENCE NUMERALS]

The aqueduct pipe which is pipe arrangement of one ... diagnosis object Two ... surface of the earth 3a,

3b ... fire hydrant The gate-valve which is considered to be rigid body for 4a, 4b ... sound Five ...
diagnosis interval 11, 11a, 11b, 11c, 11d ... pipe arrangement diagnosis apparatus 12 ... loud speakers
13,14 ... microphone 15 ... loud speaker drive assembly 16a, a 16b ... A/D converter 17 ... access transfer
function measuring devices 18, 27, 38 ... pipe arrangement break-down point calculation apparatus 19 ...
echo control materials 25 ... cross-correlation function measuring devices 26 ... impulse response
function measuring devices 28 ... resonance frequency equivalence apparatus 32 ... pneumatics injecting
apparatuses 34 ... emanation sound detection sensor 35a, 35b ... surface of the earth jolt detection sensor
36a, 36b ... mutual correlative processing unit 37 ... operational equipment B ... pipe arrangement broken
part